

В. А. ВАСИЛЬЕВ, М. К. ВЕНЕВЦЕВ

ТРАНЗИСТОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СЕЛЬСКОГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



МАССОВАЯ
РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 167

В. А. ВАСИЛЬЕВ, М. К. ВЕНЕВЦЕВ

ТРАНЗИСТОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СЕЛЬСКОГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



«ЭНЕРГИЯ» МОСКВА 1974



Scan AAW

6Ф2.12

В19

УДК 621.396.62

Редакционная коллегия:

Берг А. И., Белкин Б. Г., Бурлянд В. А., Бурдейный Ф. И. |
Ванеев В. И., Геништа Н. Н., Демьянов И. А., Ельяшкевич С. А.,
Жеребцов И. П., Канаева А. М., Корольков В. Г., Смирнов А. Д.,
Тарасов Ф. И., Чистяков Н. И., Шамшур В. И.

Васильев В. А. и Веневцев М. К

В 19 Транзисторные конструкции сельского радиолюбителя. М.,
«Энергия», 1974.
64 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 167)

В брошюре описываются устройство, изготовление и налаживание
простых транзисторных конструкций, для повторения которых могут
быть использованы доступные детали, в том числе бывшие в употребле-
нии. Даются рекомендации по замене одних деталей другими.

Брошюра предназначена для сельских радиолюбителей.

В 30403-350
051(01)-74 — 297-74

6Ф2.12

© Издательство «Энергия», 1974 г.

ОТ АВТОРОВ

Бурное развитие в нашей стране радио- и телевизионного вещания привело к тому, что в настоящее время радиоприемники и телевизоры становятся неотъемлемой частью быта сельских тружеников. Общее число радиоприемников и телевизоров, установленных в сельских местностях, исчисляется десятками миллионов штук и продолжает быстро расти. Правильная установка, эксплуатация и ремонт такого большого количества радиоаппаратуры в условиях села являются сложным делом, большую помощь в котором могут оказать сельские радиолюбители.

Наряду с увеличением количества бытовой радиоаппаратуры на селе наблюдается все возрастающее проникновение автоматки и радиоэлектроники в различные области сельского хозяйства. Здесь перед сельскими радиолюбителями открывается поистине неограниченное поле деятельности по внедрению радиоэлектронных методов в сельскохозяйственное производство, разработке новой и усовершенствованию имеющейся аппаратуры. Работая в этих направлениях, сельские радиолюбители могут внести значительный вклад в дело развития сельского хозяйства.

В настоящее время в электронике и радиотехнике применяются главным образом полупроводниковые приборы — транзисторы, диоды и т. п., использование которых имеет ряд характерных особенностей. Освоить премудрости полупроводниковой техники можно только в процессе многочисленных и разнообразных экспериментов с различными транзисторными конструкциями. Начинать, конечно, нужно с простейших из них.

Авторы данной книги ставили своей целью ознакомить начинающих сельских радиолюбителей с основами транзисторной техники, особенностями изготовления и налаживания несложных конструкций.

В книге описываются относительно простые транзисторные приемники, усилители низкой частоты и несложные измерительные приборы. Разнообразие конструкций позволяет начинающим сельским радиолюбителям получить необходимый практический опыт работы с транзисторами, который в дальнейшем позволит им перейти к конструированию более сложных конструкций, освоению практических устройств электроники и автоматки, внедряемых в сельскохозяйственное производство.

Все описанные конструкции разработаны таким образом, что они могут быть собраны целиком из деталей, высылаемых по почте Центральной торговой базой Посылторга (111126, г. Москва, Е-126, Авиамоторная ул., дом 50) и Московской межреспубликанской торговой базой Центросоюза (121471, г. Москва, Г-471, Рябиновая ул., дом 45). Перечень деталей, имеющихся на складах этих организаций, указывается в проспектах, высылаемых базами по требованию покупателей.

Ряд деталей может быть сделан самостоятельно. В некоторых случаях возможно применение деталей и узлов старых ламповых приемников, выбывших из употребления.

ПРОСТЕЙШИЕ ПРИЕМНИКИ

Большинство радиолюбителей начинает свой путь в радиотехнику с изготовления простейшего приемника. Каким же должен быть этот первый радиоприемник? Во-первых,— простым. Это значит, что он должен состоять из небольшого количества доступных деталей. Во-вторых, изготовление его должно быть под силу даже человеку, неискушенному в радиотехнике, делающему свои первые шаги в этой интересной области.

Именно таким приемником является детекторный приемник, который может быть рекомендован в качестве первой конструкции начинающим сельским радиолюбителям, имеющим ограниченные возможности в приобретении различных радиодеталей и получении квалифицированной консультации. Собранный и налаженный детекторный приемник может быть усовершенствован путем добавления к нему каскадов усиления низкой частоты.

Далее в порядке возрастающей сложности содержатся описания схем и конструкций нескольких приемников от простейшего детекторного до приемника прямого усиления.

Детекторные приемники

На рис. 1, а изображена принципиальная схема простейшего детекторного приемника, состоящего всего из пяти деталей: катушки L_k и конденсатора C_k , образующих колебательный контур, настроенный на частоту принимаемой станции, диодного детектора D и головных телефонов $Tлф$, параллельно которым подключен конденсатор $C_{бл}$.

Работает такой приемник следующим образом. Радиоволны, излучаемые антенной передающей радиостанции, пересекая приемную антенну, наводят в ней высокочастотные токи, в результате чего на зажиме A относительно земли образуется высокочастотное напряжение. Благодаря избирательным свойствам контура из всех колебаний, введенных в антенну радиоволнами различных радиостанций, на нем будут выделены колебания лишь той радиостанции, частота которой совпадает с частотой настройки контура $L_k C_k$. Промодулированное высокочастотное напряжение $U_{в.ч.}$, выделенное контуром, поступает на диод D , служащий детектором. Детектор является неотъемлемой частью любого радиоприемника. Он выделяет из принятого высокочастотного модулированного сигнала напряжение модулирующей звуковой частоты, которое, будучи приложенным к головным телефонам, позволяет услышать передачу радиостанции.

При детектировании используется свойство диода пропускать ток только в одном направлении, как это показано на рис. 1, б. Благодаря этому ток через детектор D будет протекать только во время положительных полупериодов принятого сигнала. Ток такой формы име-

ет три составляющие: высокочастотную, низкочастотную и постоянную. Высокочастотная составляющая протекает через блокировочный конденсатор $C_{бл}$, представляющий для нее малое сопротивление. Низкочастотная (звуковая) составляющая $i_{н.ч}$ протекает через головные телефоны и преобразуется ими в звук. Через обмотку телефонов протекает также и постоянная составляющая, которая в данном приемнике не используется.

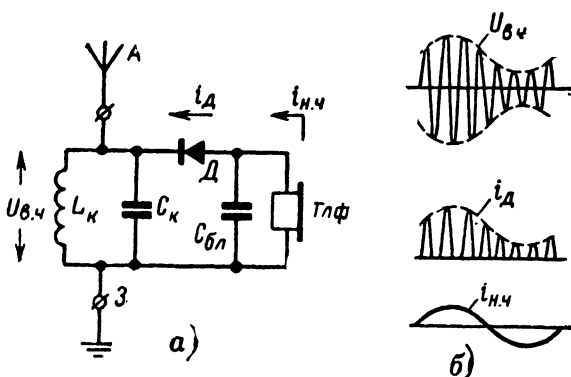


Рис. 1. Простейший детекторный приемник.

а — принципиальная схема; б — диаграммы токов.

Следует иметь в виду, что для работы детекторного приемника не требуется никаких дополнительных источников питания. Такой приемник не усиливает приходящий сигнал, поэтому здесь приходится довольствоваться лишь той очень маленькой мощностью, которая наводится в приемной антенне. Поэтому детекторные приемники позволяют вести прием только на головные телефоны и только мощной, близко расположенной радиовещательной станции, на волну которой настроен контур $L_k C_k$ (путем подбора номинала конденсатора C_k или количества витков катушки L_k). При этом громкость и дальность приема почти целиком определяются качеством приемной антенны и заземления.

Антенна и заземление нужны не только для детекторного приемника. Добиться более качественного приема дальних радиостанций можно двумя путями. улучшая качество антенны (при этом повышается мощность наводимого в ней входного сигнала) или увеличивая усиление приемника. Первое предпочтительнее, так как работа при малом входном сигнале и большом усилении всегда связана с наличием искажений из-за внутренних шумов усилительных каскадов. Поэтому в ряде случаев простой приемник с хорошей наружной антенной будет работать лучше, чем высококачественный приемник без антенны, прослушивать передачи на который будет просто утомительно ввиду большого уровня его внутреннего шума.

Наилучшими приемными свойствами обладают наружные приемные антенны. Для наших целей лучше всего установить Г-образную наружную антенну, устройство которой показано на рис. 2. Эта ан

тенна состоит из горизонтальной части — собственно антенны и вертикальной — спуска. Горизонтальную часть натягивают между двумя опорами на высоте 8—10 м от земли. Чтобы предотвратить утечку токов, наведенных в антенне, ее изолируют от точек подвеса двумя цепочками фарфоровых изоляторов. У хорошей наружной антенны длина горизонтальной части составляет 15—20 м. Для изготовления антенны можно использовать медный провод диаметром 1,5—3 мм, однако лучше всего для этой цели подойдет специальный антенный ка-

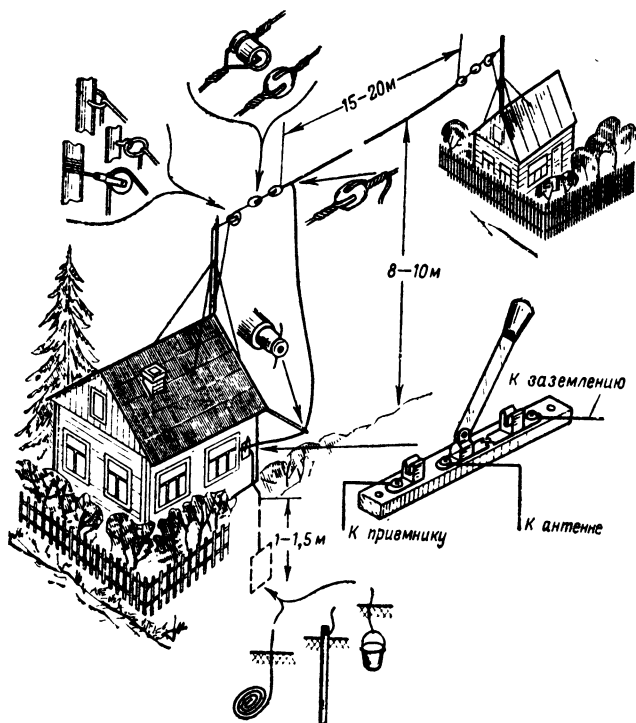


Рис. 2. Устройство наружной Г-образной антенны.

натик, свитый из нескольких жил медной проволоки. При этом горизонтальная и вертикальная части антенны должны быть выполнены из одного отрезка провода.

Установку наружной антенны начинают с выбора места. Желательно, чтобы горизонтальная часть антенны располагалась над ровной поверхностью земли, свободной от деревьев и построек, или по крайней мере возвышалась над ними. Расстояние от крыши до антенны должно быть не меньше 2—3 м. Запрещается устанавливать антенну на расстоянии ближе чем 10 м от высоковольтных линий электропередачи и радиотрансляционных линий, а также использовать

для крепления антенны столбы и стойки воздушных линий электропередачи и связи.

Чаще всего один конец горизонтальной части антенны прикрепляют к деревянному шесту, установленному на крыше дома, а второй конец — к дереву или такому же шесту на соседнем доме. Длина шестов на крышах домов должна быть 2,5—3 м, диаметр комлей 8—10 см, а вершин 5—8 см. Шесты закрепляют на крыше с помощью трех или четырех оттяжек из стальной проволоки диаметром около 3 мм.

Если в качестве второй опоры используется дерево, то привязывать веревку к стволу не следует, так как в ветреную погоду дерево раскачивается и антенна может оборваться. В этом случае к стволу привязывают блок, через который перекидывают просмоленную веревку с грузом на одном конце. Подбирая массу груза, регулируют натяжение антенны. Не следует натягивать ее чрезмерно сильно, так как тогда антенна может оборваться, особенно при низкой температуре. Высоту привязи блока выбирают с таким расчетом, чтобы натянутый антенный канатик располагался примерно горизонтально.

Каждая из цепочек изоляторов состоит из двух орешковых фарфоровых изоляторов, которые можно заменить роликами от внутренней электропроводки. Изоляторы в цепочках соединены между собой стальной проволокой диаметром 1—1,5 мм или медной проволокой диаметром 2—3 мм. Расстояние между изоляторами цепочки обычно выбирают от 10 до 12 см.

Для ввода снижения внутрь дома в его стене или неподвижной части рамы просверливают сквозное отверстие с наклоном в наружную сторону. Над местом ввода к крыше прибавляют горизонтальный шест на конце с роликом, к которому прикрепляют снижение. На наружной стене дома рядом с просверленным отверстием устанавливают грозопереклюатель, необходимый во всех случаях использования наружной антенны для защиты приемника от зарядов, скапливающихся в ней под действием атмосферного электричества.

Грозопереклюатель представляет собой рубильник, с помощью которого снижение антенны может быть отсоединено от приемника и заземлено. Между ножом рубильника и нижним заземляемым зажимом имеется искровой промежуток. Когда приближается гроза, приемник необходимо выключить и поставить нож грозопереклюателя в верхнее (по рис. 2) положение, заземляя тем самым наружную антенну. В этом случае заряды, возникающие в ней, через грозопереклюатель стекают в землю, минуя приемник. Заземлять антенну грозопереклюателем следует также всякий раз, когда приемником не пользуются в течение длительного времени, например на ночь.

Грозопереклюатель с приемником соединяют изолированным проводом. Для заделки провода в просверленное отверстие со стороны улицы вставляют фарфоровую воронку, а со стороны помещения — такую же втулку. Затем в отверстие вставляют кусок резиновой или хлорвиниловой трубки, через которую и пропускают провод, идущий от грозопереклюателя к антенному гнезду приемника.

Для установки наружной антенны лучше всего использовать готовые антенные наборы, в которые входят антенный канатик, изоляторы, грозопереклюатель и другие необходимые детали и материалы.

Если в доме имеется водопровод, то его трубы можно использовать для подключения заземления. Для этого трубу в удобном месте тщательно зачищают и к зачищенному месту присоединяют провод заземления. Это можно сделать, либо обхватив трубу металлическим

хомутиком, либо обмотав зачищенный до блеска участок трубы голым проводом.

При отсутствии водопровода заземление делают следующим образом. Около дома роют яму глубиной не менее 1,5 м. Точную глубину ямы нужно выбирать так, чтобы почва на дне ямы всегда была влажной. В яму закапывают металлический лист размером около $0,5 \times 1$ м, к которому предварительно припаян провод заземления. Вместо металлического листа на дно ямы можно положить моток голого провода диаметром 1—2 мм или закопать какой-нибудь старый

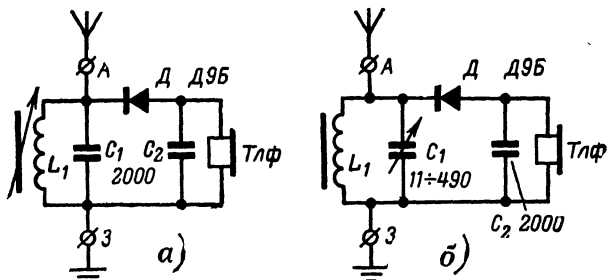


Рис. 3. Принципиальные схемы детекторных приемников

а — с настройкой катушки переменной индуктивности; б — конденсатором переменной емкости

металлический предмет, например ведро и т. п. Для соединения заземления с грозопереключателем можно использовать любой провод диаметром около 1 мм. Этот провод ведут кратчайшим путем по стене дома, прикрепляя его к ней скобками или гвоздями.

Настройка детекторных приемников на волну принимаемой станции может осуществляться при помощи катушки с переменной индуктивностью или конденсатора переменной емкости, как это показано на рис. 3.

Изменять индуктивность катушки L_k можно, перемещая внутри нее ферритовый сердечник. Приемник с такой катушкой прост: для его сборки применяют готовые детали. Сделать самому приходится только монтажную плату. В качестве детектора можно использовать высокочастотные диоды типов Д2 и Д9 с любым буквенным индексом после цифры 2 или 9. Контурный конденсатор C_1 может быть типа КСО, КТ-1, КТК, ПСО, а блокировочный C_2 — типа КСО, ПСО, МБМ. Головные телефоны Тлф высокоомные типа ТОН-1 с катушками, сопротивление которых постоянному току находится в пределах от 1 600 до 2 200 ом.

Контурная катушка L_1 представляет собой унифицированный регулятор размера строк РРС-70, который применяется в телевизорах многих марок, например «Рекорд», «Знамя», «Рубин-102» и др. Такой регулятор представляет собой катушку с подвижным ферритовым сердечником, который перемещается с помощью ходового винта при вращении ручки настройки.

Катушка РРС-70 содержит 280 витков провода ПЭВ 0,31 и ее максимальная индуктивность при полностью введенном ферритовом

сердечнике составляет 3 мн. Если детекторный приемник предназначен для приема радиостанций, работающих в диапазоне длинных волн, то катушку РРС не перематывают. При этом для приема радиостанций, работающих в диапазоне длинных волн от 900 до 2 000 м, емкость конденсатора C_1 должна быть равна 360 пф, а для радиостанций, работающих на волнах 700—1 600 м, 220 пф. Если желательно принимать радиостанции, работающие в диапазоне средних волн, с катушки РРС сматывают 140 витков. Для приема в диапазоне 250—575 м емкость конденсатора C_1 берут равной 110 пф, а для диапазона 187—420 м — 51 пф.

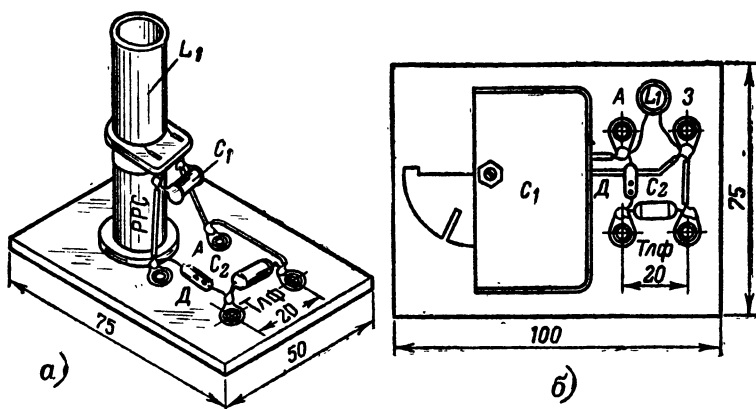


Рис. 4. Монтаж деталей детекторного приемника.

а — с настройкой катушкой переменной индуктивности; б — конденсатором переменной емкости.

Детекторный приемник собирают на плате размером 75×50 мм из гетинакса или фанеры. Внешний вид готового приемника показан на рис. 4, а. Для крепления РРС в плате просверливают отверстие диаметром 23 мм, а для подключения антенны, заземления и телефонов устанавливают четыре гнезда, которые можно изготовить из жести. Способ изготовления гнезд показан на рис. 5.

Если достать готовый РРС не удастся, то конструкцию катушки L_1 придется изменить. В этом случае в качестве сердечника можно использовать стержень для магнитной антенны из феррита марки 600НН (Ф-600) или 400НН (Ф-400); диаметр стержня 7—8 мм, а длина 120—140 мм. Катушку L_1 наматывают проводом ПЭЛ или ПЭЛШО диаметром 0,12—0,15 мм. Намотку ведут виток к витку на каркасе, склеенном из плотной бумаги. Внутренний диаметр каркаса 8 мм, внешний 9 мм, а длина 60 мм.

Для приема радиостанций в диапазоне средних волн (187—577 м) катушка L_1 должна иметь 120 витков, а емкость конденсатора C_1 должна быть равна 100 пф. Диапазон длинных волн (723—2 000 м) будет получен с катушкой, на которую намотано 180 витков, и при емкости конденсатора C_1 510 пф. Размеры монтажной платы в этом случае придется увеличить. При такой катушке настройку на станции

производят, вдвигая ферритовый стержень внутрь катушки или выдвигая стержень из нее.

Детекторный приемник с настройкой конденсатором переменной емкости, принципиальная схема которого дана на рис. 3, б, позволяет покрывать более широкий диапазон волн. Самодельными деталями в этом приемнике являются контурная катушка L_1 и монтажная плата. Для настройки контура приемника используется конденсатор переменной емкости, начальная емкость которого может быть от 10 до 20 пф, а максимальная — от 450 до 550 пф. Лучше всего приобрести двоянный блок конденсаторов переменной емкости от какого-нибудь

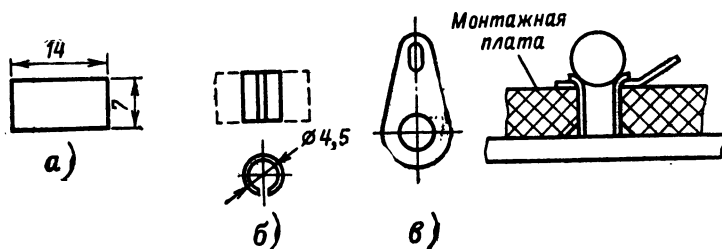


Рис. 5. Способ изготовления гнезд.

радиовещательного приемника и использовать одну его секцию. Возможно также применение конденсатора переменной емкости от карманного приемника.

Типы диодов и блокировочных конденсаторов такие же, как и в предыдущем приемнике. Контурную катушку L_1 наматывают на каркас, склеенный из плотной бумаги. Внутренний диаметр каркаса 8 мм, внешний 9 мм, длина около 20 мм. Намотку ведут проводом ПЭЛ 0,12 внавал между двумя картонными щечками, расположенными на расстоянии 14 мм друг от друга. Для приема в диапазоне длинных волн необходимо намотать 240 витков, а для диапазона средних волн — 70 витков. Внутрь катушки вводят сердечник длиной 20 мм, в качестве которого используют кусок стержня для магнитной антенны из феррита 600НН (Ф-600) или 400НН (Ф-400). Для того чтобы легко и ровно отколоть сердечник от стержня магнитной антенны, на поверхности стержня по окружности напильником или точильным бруском делают неглубокий надпил на расстоянии 20 мм от края, по которому и разламывают сердечник на две части. Расположение деталей на плате детекторного приемника с настройкой конденсатором переменной емкости показано на рис. 4, б.

После того как детекторный приемник собран и проверен, остается подключить к нему антенну, заземление, надеть на голову телефоны и, медленно вращая конденсатор переменной емкости (если приемник собран по схеме на рис. 3, б) или перемещая сердечник внутри контурной катушки (если приемник выполнен по схеме на рис. 3, а), добиться приема сигналов радиостанций. Если при этом окажется, что максимальная громкость приема радиостанции получается при крайнем положении сердечника катушки или ротора конденсатора переменной емкости, то необходимо изменять емкость конден-

сатора C_1 в приемнике по схеме на рис. 3, а или подбирать положение сердечника контурной катушки L_1 в приемнике по схеме на рис. 3, б до тех пор, пока максимум громкости не будет получаться тогда, когда ручка настройки несколько не доходит до крайнего положения. Например, если максимальная громкость приема в схеме на рис. 3, а получается при полностью введенном сердечнике, т. е. когда индуктивность катушки L_1 максимальна, то следует или установить на место C_1 конденсатор большей емкости, или припаять параллельно используемому конденсатору емкостью 10—20 пф. Наоборот, если максимум громкости получается, когда сердечник катушки L_1 почти полностью выведен, то емкость конденсатора C_1 следует уменьшить.

В приемнике, собранном по схеме на рис. 3, б, для подстройки контура следует глубже ввести сердечник катушки L_1 , если максимум громкости наблюдается при максимальной емкости конденсатора C_1 , и, наоборот, вывести сердечник, если максимум имеет место при минимальной емкости этого конденсатора. После того как нужное положение сердечника подобрано, сердечник закрепляют несколькими каплями парафина или клея БФ-2.

На этом настройка детекторного приемника заканчивается. Если в ближайшее время не предполагают вносить в него изменения, то приемник следует заключить в футляр, который можно сделать, например, из фанеры. Для удобства пользования приемником вокруг ручки настройки наклеивают шкалу в виде кольца, вырезанного из плотной бумаги. На самой ручке наносят риску указателя настройки. Положения указателя, соответствующие точной настройке приемника на радиостанции, отмечают на шкале условными знаками.

После того как первый детекторный приемник собран и с его помощью удалось принять сигналы одной или нескольких радиостанций, естественно возникает вопрос: а нельзя ли повысить его чувствительность и увеличить громкость приема? Конечно, можно, но для этого потребуются дополнительные усилительные каскады и электрические источники питания.

Когда-то, а именно до середины 50-х годов, для усиления электрических сигналов применялись главным образом радиолампы, требовавшие значительных токов и напряжений для своего питания.

С появлением полупроводниковых усилительных приборов — транзисторов, которые можно питать от маломощных гальванических батарей низкого напряжения, возможности для создания простых и малогабаритных усилителей значительно расширились. Именно поэтому большинство любителей начинают теперь свой путь в радиос из изготовления простейших транзисторных конструкций, главным образом усилителей низкой частоты к детекторным приемникам или непосредственно к приемникам прямого усиления.

Практика показывает, что радиолюбители, уже имеющие навыки в сборке детекторных приемников, легко и быстро справляются в последующем с изготовлением и налаживанием различных несложных транзисторных конструкций. Конечно, при этом необходимо иметь хотя бы общее представление о том, что такое транзисторы. Краткие сведения о них приводятся далее.

Коротко о транзисторах. Транзисторами называются полупроводниковые приборы, предназначенные для усиления и генерирования электрических колебаний (полупроводниками принято считать вещества, которые по своим электрическим свойствам занимают некоторое промежуточное положение между проводниками и изоляторами). Принцип действия транзистора основан на том, что небольшой кри-

сталл полупроводникового вещества после соответствующей технологической обработки становится способным менять свою электропроводность в очень широких пределах при подведении к нему слабых электрических колебаний. Обработанный кристалл помещают в металлургический или пластмассовый корпус и снабжают тремя гибкими выводами, присоединенными к электродам транзистора — эмиттеру, базе и коллектору. Усилительные свойства транзистора проявляются в том, что при пропускании между базой и эмиттером слабых колебаний электрического тока в цепи коллектор — эмиттер транзистора также возникнут колебания, точно такие же по форме, но значительно большие по мощности.

Свойства и возможности транзисторов характеризуются рядом параметров

Коэффициент $B_{ст}$. Усилительные свойства транзистора оценивают обычно по величине так называемого статического коэффициента передачи тока, который обозначается $B_{ст}$ или B . Этот коэффициент показывает, во сколько раз изменение тока коллектора больше вызвавшего его изменения тока базы. У большинства исправных транзисторов величина $B_{ст}$ составляет от 10—12 до 200—300.

Начинающие радиолюбители обычно считают, что чем больше величина $B_{ст}$, тем лучше транзистор. Но это не всегда верно. Как показывают теория и практика, хорошие результаты можно получать при использовании транзисторов не только с $B_{ст}=100\div200$, но и с $B_{ст}=15\div20$.

Частотные свойства. Транзистор обладает способностью усиливать электрические сигналы частот не выше некоторой предельной. На более высоких частотах транзистор теряет свои усилительные свойства. Предельная частота обычно обозначается f_{α} или $f_{ген}$ и выражается в мегагерцах. Для получения же значительного усиления сигнала необходимо, чтобы частоты, на которых работает транзистор, были по крайней мере в 20—30 раз меньше его предельной частоты. В связи с этим для усиления сигналов звуковой (низкой) частоты (до 20 кГц) обычно используют так называемые низкочастотные транзисторы, имеющие предельную частоту не менее 0,5—1,0 МГц. В свою очередь для усиления радиосигналов высокой частоты применяют исключительно высокочастотные транзисторы, предельная частота которых не менее 30—90 МГц.

Мощности транзисторов В настоящее время выпускаются транзисторы малой, средней и большой мощности. Первые предназначены для усиления слабых сигналов низкой и высокой частот, а вторые и третьи используются главным образом в выходных, оконечных каскадах, где требуется получение больших токов и напряжений. В справочниках обычно указывают наибольшую допустимую величину мощности, рассеиваемую транзистором, выраженную в ваттах или милливаттах.

Для нормальной работы любых транзисторов необходимо, чтобы на их электроды были поданы постоянные напряжения определенных величин и полярности. Полярность напряжений определяется особенностями материала кристалла и технологическими приемами его обработки. Различают транзисторы прямой ($p-n-p$) и обратной ($n-p-n$) проводимости. Транзисторами прямой проводимости принято называть такие, у которых напряжения на базе и коллекторе должны быть отрицательными относительно эмиттера. У транзисторов обратной проводимости напряжения на базе и коллекторе поло-

жительны относительно эмиттера. Величина подаваемых напряжений зависит от материала кристалла транзистора.

Для изготовления транзисторов обычно применяют два вида полупроводников — кремний и германий, поэтому одни транзисторы называются кремниевыми, другие — германиевыми. Германиевые транзисторы получили наибольшее распространение. Полярность и примерные величины постоянных напряжений на электродах германиевых и кремниевых транзисторов прямой ($p-n-p$) и обратной ($n-p-n$) проводимости показаны на рис. 6.

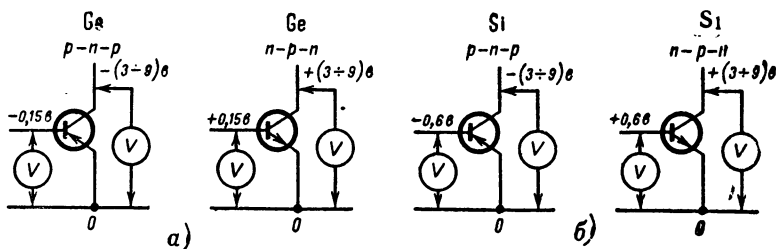


Рис. 6. Полярность включения $p-n-p$ и $n-p-n$ транзисторов.

а — германиевых; б — кремниевых.

Кремниевые транзисторы отличаются от германиевых более высоким значением напряжения между базой и эмиттером, а также значительно более широким диапазоном изменений температуры окружающей среды, при котором транзисторы сохраняют свою работоспособность. Например, если германиевые транзисторы могут хорошо работать при температуре до $50-50^\circ \text{C}$, то кремниевые — до $100-110^\circ \text{C}$.

Условные обозначения полупроводниковых приборов (диодов и транзисторов) состоят из буквенных и цифровых индексов. Обозначения начинаются с двухбуквенного индекса, который указывает на материал и класс прибора: ГТ — германиевый транзистор; КТ — кремниевый транзистор; ГД — германиевый диод; КД — кремниевый диод. Далее следует цифра, по которой можно определить частотные свойства и мощность транзистора, например: 1 — низкочастотный малой мощности; 3 — высокочастотный малой мощности.

Две последние цифры указывают на номер разработки прибора: 01, 13 и т. д. После цифр в обозначении транзистора могут стоять дополнительные буквенные индексы (А, Б, В, Г и т. д.), указывающие на подгруппы внутри одного и того же типа; например, условное обозначение ГТ309Б означает «германиевый высокочастотный транзистор малой мощности, модель 09, подгруппа Б», КТ301 — «кремниевый высокочастотный транзистор малой мощности, модель 01».

Кроме транзисторов, имеющих обозначение по ныне действующей системе, еще выпускаются и применяются транзисторы, обозначаемые по старой системе. Такие транзисторы имеют буквенный индекс П, что означает «плоскостной транзистор», и после этого индекса двух- или трехзначное число. Модернизированные варианты этих транзисторов имеют буквенный индекс МП.

По старой системе числа в пределах первой сотни обозначают германиевые низкочастотные транзисторы малой мощности, например

МП35—МП42, а в пределах второй сотни — кремниевые транзисторы малой мощности, например МП111 — МП113. Высокочастотные транзисторы малой мощности имеют цифровые индексы в пределах пятой сотни, например: П401, П403, П422, П423.

На рис. 7 дано расположение выводов основных типов транзисторов, применяемых в любительских конструкциях и упоминаемых на страницах данной книги.

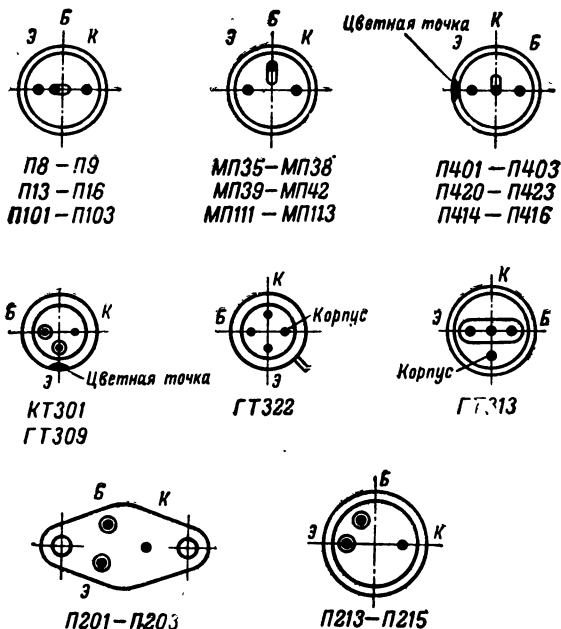


Рис. 7. Внешний вид и расположение выводов распространенных в любительской практике транзисторов.

Взаимозаменяемость транзисторов. В процессе изготовления, налаживания или ремонта полупроводниковой аппаратуры нередко возникает необходимость замены одного транзистора другим. При этом может оказаться, что требуемый транзистор, устанавливаемый в аппарате, уже давно снят с производства и отсутствует в продаже либо в ближайшее время не представляется возможность его приобретения.

Выйти из затруднения можно путем применения транзистора другого типа той же проводимости с аналогичными или близкими параметрами. Желательно, чтобы заменяющий транзистор был той же подгруппы, что и заменяемый.

Обычно заменяющий транзистор подбирают по данным справочников по полупроводниковым приборам, но на первых этапах любительской практики можно пользоваться данными табл. 1, где перечис-

Таблица 1

Высокочастотные германиевые <i>p-n-p</i> транзисторы малой мощности	(П420), П401 (П421), П402, П422, П416, П403А, П403, П423, П416Б ГТ322В—ГТ322Е, ГТ309А— ГТ309Г, ГТ322А, ГТ322Б, ГТ308А— ГТ308В, ГТ313А, ГТ313Б
Высокочастотные кремниевые <i>p-n-p</i> транзисторы малой мощности	КТ301, КТ301А—КТ301В, КТ301Г—КТ301Е (П501), (П502), (П503), КТ315А—КТ315Г
Низкочастотные германиевые <i>p-n-p</i> транзисторы малой мощности	(П13), МП39 (П13А), (П13Б), МП39Б (П14), МП40 (П15), МП41, МП41А (П16), МП42А (П16А), МП42Б
Низкочастотные германиевые <i>p-n-p</i> транзисторы малой мощности	(П8), МП35 (П9), МП36 (П10), МП37, МП37А (П11), МП38, МП38А
Низкочастотные кремниевые <i>p-n-p</i> транзисторы малой мощности	(П101), МП111 (П102), МП112 (П103), МП113
Низкочастотные германиевые <i>p-n-p</i> транзисторы средней мощности	(П201), (П201А), (П201Э), П213А, П213Б (П203), П214А—П214Г, П215

лены взаимозаменяемые транзисторы различного назначения. При этом транзисторы каждой группы указаны в такой последовательности, что все последующие заменяют все предыдущие. Возможна также и обратная замена одного из последующих одним из предыдущих, но при этом качественные характеристики устройства могут ухудшиться. Транзисторы, уже снятые с производства и изъятые из продажи, но когда-то широко применявшиеся в любительских конструкциях, указаны в скобках.

Как пользоваться табл. 1, покажем на нескольких примерах. Предположим, что согласно описанию конструкции требуется применение транзистора типа П420, уже не выпускаемого промышленностью. Согласно табл. 1 П420 — высокочастотный германий *p-n-p* транзистор малой мощности, который может быть заменен транзисторами типов П401, П422, П423 и т. д.

Другой пример. Согласно описанию необходимо применение дорогостоящего транзистора типа МП38А. Согласно табл. 1 этот низкочастотный германиевый *p-n-p* транзистор можно заменить более доступным транзистором типа МП37 или даже МП35, правда с некоторым ухудшением параметров создаваемого устройства.

Следует иметь в виду, что в ряде конкретных случаев вводятся определенные ограничения на взаимозаменяемость транзисторов, о чем будет сказано при описании конкретных конструкций.

Меры предосторожности. Необходимо помнить всегда, что транзисторы, как и другие полупроводниковые приборы, очень чувствительны к перегреву; поэтому припаивать их выводы необходимо маломощным паяльником (не более 50 в·а) быстро (в течение не более 3 сек) и аккуратно. Для улучшения отвода тепла от транзистора во время пайки его выводов последние следует придерживать пинцетом, играющим роль дополнительного теплоотвода. Кроме того, не рекомендуется сгибать выводы ближе чем в 3—5 мм от корпуса транзистора и обрезать их более чем до 15 мм.

Особенно следует оговорить, что пайка выводов может производиться только при выключенном питании радиоаппарата. В противном случае даже при кратковременном взаимном замыкании выводов транзистора, находящегося под напряжением, возможен выход его из строя.

Однотранзисторные приемники

Итак, с чего начинать освоение транзисторной техники? Может быть, сразу приступить к изготовлению и налаживанию многодиапазонного переносного приемника, подобного «Спидоле»?

Практика говорит, что делать этого не следует. И если для получения первых элементарных навыков по монтажным работам достаточно собрать один-два детекторных приемника, то для освоения премудростей транзисторной техники нужно изготовить несколько приемников различной степени сложности, начиная с самого простого, научиться пользоваться простейшими измерительными приборами, без которых очень трудно наладить собранную сложную конструкцию. Кроме того, такие конструкции содержат большое число деталей, одни из которых являются дорогостоящими, другие — труднодоступными, вследствие чего изготовление сложного приемника может затянуться на продолжительный срок.

Поэтому рекомендуется начинать с постройки однотранзисторных приемников, являющихся по существу дальнейшей модернизацией описанных детекторных.

Принципиальные схемы. На рис. 8 приведены принципиальные схемы однотранзисторных приемников с настройкой катушкой переменной индуктивности (рис. 8, а) и конденсатором переменной емкости (рис. 8, б). Как видно из этих рисунков, оба приемника имеют много общего с детекторными приемниками, схемы которых приведены на рис. 3. Различие заключается в том, что телефон $T_{лф}$ подключен не к диоду D , а в цепь коллектора транзистора T_1 , питаемого от гальванического элемента B_1 .

Оба приемника, изображенные на схемах на рис. 8, работают следующим образом. Принятый антенной радиосигнал выделяется входным контуром L_1C_1 , настраиваемым на волну желаемой станции катушкой переменной индуктивности L_1 (рис. 8, а) или конденсатором переменной емкости C_1 (рис. 8, б). Далее в любом приемнике принятый сигнал детектируется диодом D , в результате чего на резисторе R_1 выделяются постоянная и низкочастотная составляющие сигнала, а высокочастотная фильтруется конденсатором C_2 .

Низкочастотные колебания с резистора R_1 подаются на вход усилительного каскада на транзисторе T_1 между его базой и эмиттером.

Эти колебания вызывают в цепи базы ток i_b , который приводит к изменению тока коллектора на величину $i_k = B_{ст} i_b$. Поскольку ток базы i_b меняется в соответствии с низкочастотным сигналом принимаемой радиостанции, изменения тока коллектора i_k также повторяют этот сигнал. Колеблющийся по величине коллекторный ток транзистора T_1 , проходя через катушки $Tлф$, вызывает соответствующие колебания его мембраны, в результате чего происходит преобразование низкочастотного сигнала в звуковые колебания. При этом громкость звучания телефона должна быть во много раз больше, чем при подключении его непосредственно к выходу детектора.

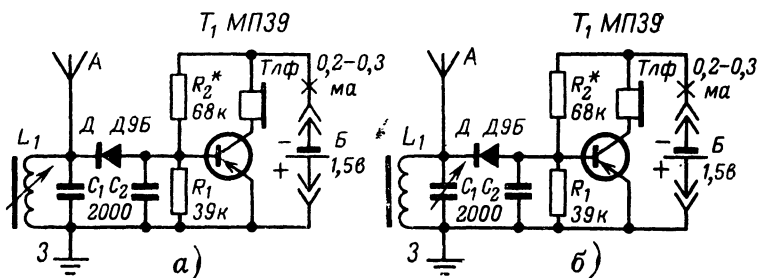


Рис. 8. Принципиальные схемы одностранзисторных приемников.

a — с настройкой катушкой переменной индуктивности; *б* — конденсатором переменной емкости.

Следует иметь в виду, что для нормальной работы транзистора необходимо, чтобы ток коллектора был не менее 0,2—0,3 *ма*. Если базу транзистора T_1 подключить непосредственно к выходу детектора, то этот ток будет очень мал (менее 0,1 *ма*), так как величина постоянной составляющей выпрямленного сигнала на выходе детекторного приемника недостаточна для создания заметного тока коллектора. Чтобы установить необходимый ток, между базой транзистора и отрицательным полюсом источника питания включают дополнительный высокоомный постоянный резистор R_2 , который создает начальный ток, или, как принято говорить, начальное смещение между базой и эмиттером.

Сопротивление резистора R_2 зависит от параметров транзистора, напряжения питания и ряда других факторов, вследствие чего его приходится подбирать экспериментально. Поэтому в схемах на рис. 8 рядом с индексом R_2 стоит условный знак (звездочка R_2^*), указывающий на то, что номинал этого резистора подбирается при налаживании.

Детали и конструкция. Высокочастотная часть приемника полностью заимствована у описанных детекторных приемников. Дополнительные детали (резисторы и транзистор) устанавливают на плате высокочастотной части приемника.

Транзистор T_1 (рис. 8) — любой из числа низкочастотных германиевых $p-n-p$ транзисторов малой мощности, указанных в табл. 1 (в том числе самые недорогие типа МП39). Постоянные резисторы R_1 и R_2 типа УЛМ (BC-0,125) или МЛТ-0,25, МЛТ-0,5. Источник питания E — один гальванический элемент, например типа 316, 343, 373.

Поскольку приемник потребляет очень малый ток, энергии одного элемента достаточно для работы приемников в течение нескольких сотен и даже тысяч часов.

Включать и выключать питание можно либо с помощью выключателя, не показанного на рис. 8, либо вставляя в приемник и вынимая из него элемент.

Налаживание. Налаживание собранного приемника сводится к подбору номинала резистора R_2 , при котором обеспечивается наиболее громкий, чистый и неискаженный прием сигналов радиостанций.

Процесс налаживания можно упростить и ускорить, если при подборе номинала резистора R_2 измерять величины коллекторного тока в местах разрыва, указанных на рис. 8 крестом. Измерение тока можно делать с помощью миллиамперметра или универсального измерительного прибора — ампервольтметра (авометра). О том, как устроен этот прибор, где его можно приобрести, а также о правилах пользования им сказано в последнем разделе книги.

Несомненным достоинством описанных однотранзисторных приемников являются простота их устройства, дешевизна и доступность применяемых деталей, а также значительно большая громкость звучания, чем у любого детекторного приемника. Но все же их громкость не идет ни в какое сравнение с громкостью звучания приемников промышленного изготовления. Основная причина в том, что усилитель очень прост и имеет ограниченные возможности. Для того чтобы добиться громкоговорящего приема, необходимо присоединить к детекторному приемнику усилитель низкой частоты по крайней мере из трех последовательно соединенных каскадов, где каждый последующий каскад усиливает сигнал, поступающий на его вход с выхода предшествующего каскада.

Поэтому следующим этапом усовершенствования детекторного приемника является добавление к нему усилителя низкой частоты на трех транзисторах. В результате этого детекторный приемник превращается в приемник-радиоточку, обеспечивающий громкоговорящий прием мощных радиостанций, хорошо слышимых на детекторный приемник.

Приемник-радиоточка

Принципиальная схема приемника-радиоточки показана на рис. 9. Часть схемы, расположенная слева от пунктирной линии, представляет собой уже известный детекторный приемник с настройкой катушечной переменной индуктивности, а правая часть схемы — добавленный к нему усилитель низкой частоты. Усилитель содержит минимум деталей — три транзистора (T_1 — T_3), переменный резистор с выключателем B_k , батарею питания B и громкоговоритель $Гр$.

Усилитель имеет три каскада, непосредственно связанных между собой. Сигнал с выхода детектора поступает на базу транзистора T_1 и управляет величиной его коллекторного тока, который в свою очередь поступает далее на базу транзистора T_2 и усиливается им. Точно так же коллекторный ток транзистора T_2 усиливается низкочастотным транзистором средней мощности T_3 . В цепь эмиттера последнего транзистора включен громкоговоритель $Гр$. Режимы транзисторов по постоянному току определяются сопротивлением резистора R_1 , изменение которого можно регулировать громкость.

Последовательное соединение транзисторов позволяет получить

очень большое усиление тока сигнала, которое может достигать величины, равной произведению коэффициентов $B_{ст}$ применяемых транзисторов. Например, при использовании транзисторов с $B_{ст} \geq 15$ получается коэффициент усиления тока $K \geq 3\,500$.

Детали и конструкция. Транзисторы T_1 , T_2 могут быть типа МП39—МП42, а T_3 — типа П201А, П202, П213А. Переменный резистор R_1 с включателем питания — типа ТК, ТК-Д или «Тесла А». Для питания можно использовать батарею 3336-Л (КБС-Л-0,5) или три

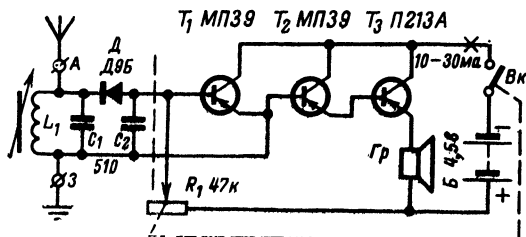
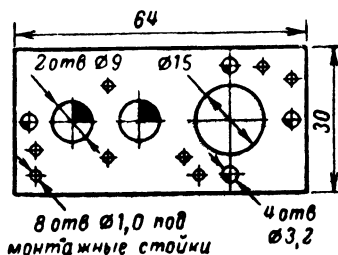
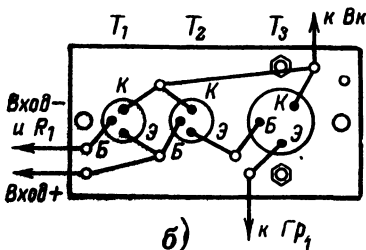


Рис. 9. Принципиальная схема приемника-радиоточки.



а)



б)

Рис. 10. Чертежи приемника-радиоточки.

а — монтажная плата; б — монтажная схема.

элемента 343, 373, соединенные последовательно; громкоговоритель $Гр$ на мощность до 1,0 в·а с сопротивлением звуковой катушки от 3 до 8 ом, например типа 0,5 ГД-10, 1ГД-18 и др.

Усилитель низкой частоты лучше всего собрать на отдельной плате из гетинакса или другого изоляционного материала толщиной около 2 мм. Чертеж платы показан на рис. 10, а. Усилитель собирают на пустотелых монтажных заклепках, изготовляемых так, как показано на рис. 5. Монтажная схема усилителя изображена на рис. 10, б.

Приемник-радиоточку удобно разместить в корпусе трансляционного громкоговорителя. Для этой цели можно использовать громкоговорители типов «Сигнал», «Спорт», «Весна», «Орбита» и многие другие. Громкоговоритель, имеющийся в корпусе, используют в приемнике без выходного трансформатора, который удаляют вместе с регулятором громкости. На место последнего устанавливают потенци-

ометр R_1 , объединенный с выключателем питания. Плату усилителя прикрепляют к стенкам ящика винтами.

Расположение платы усилителя, деталей, относящихся к детекторному приемнику, и батареи зависит от типа трансляционного громкоговорителя. Внешний вид такого приемника, собранного в кор-

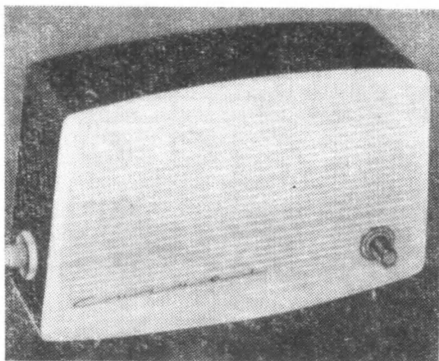


Рис. 11. Внешний вид приемника-радиоточки.

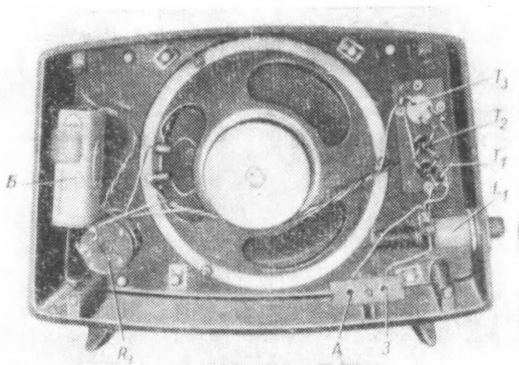


Рис. 12. Внутренний вид монтажа деталей приемника-радиоточки.

пусе трансляционного громкоговорителя «Сигнал» с громкоговорителем типа 0,15ГД-11 (сопротивление звуковой катушки 5,6 ом), показан на рис. 11, а расположение деталей в корпусе — на рис 12. Диод D_1 и конденсатор C_1 монтируют на корпусе телевизионного регулятора размера строк (РРС), который можно использовать в качестве контурной катушки L_1 . Для подпайки диода в корпусе РРС между выводами устанавливают проволочную монтажную стойку.

Правильно собранный из исправных деталей приемник, как правило, начинает работать сразу и не требует палаживания. Желательно лишь измерить ток, потребляемый приемником от батареи питания при отсутствии сигнала. Его величина должна составлять около 30 мА при крайнем левом (по схеме) положении движка потенциометра R_1 , соответствующем максимальной громкости.

Описанный приемник можно было бы совершенствовать дальше, но делать это нецелесообразно. И вот почему. Ведь как ни модернизировать простейший приемник на базе детекторного, от него нельзя получить того качества работы, какое обеспечивают более сложные приемники прямого усиления.

Поэтому более рациональным является переход к освоению усложненных приемных и усилительных устройств, о которых пойдет речь далее.

ПРИЕМНЫЕ И УСИЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Из разнообразных приемных и усилительных устройств, изготовлением которых увлекаются радиолюбители, авторы решили описать в этой книге простой походный приемник, пионерский мегафон, универсальный усилитель низкой частоты, а также мощный выходной каскад усилителя низкой частоты, способный обеспечивать выходную мощность до 16 Вт.

Эти конструкции, по мнению авторов, наиболее интересны для начинающих сельских радиолюбителей.

Походный приемник

Описываемый приемник предназначен для громкоговорящего приема сигналов местных и мощных дальних станций, работающих в диапазонах средних или длинных волн, на внутреннюю магнитную антенну. Приемник выполнен по схеме прямого усиления с использованием небольшого числа доступных деталей.

Принципиальная схема. Принципиальная схема походного приемника приведена на рис. 13. Как видно из схемы, приемник имеет магнитную антенну МА, усилитель высокой частоты на транзисторах T_1

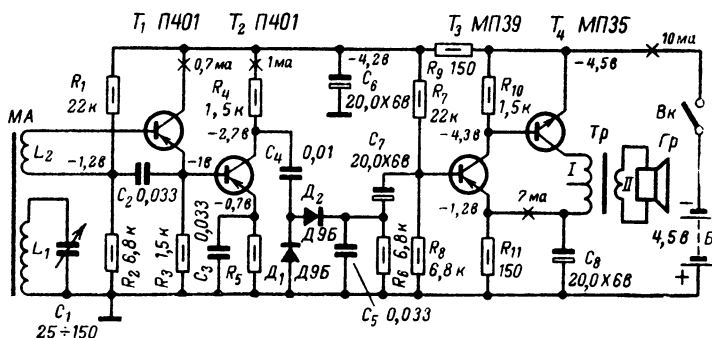


Рис. 13 Принципиальная схема походного приемника.

и T_2 , детектор на диодах D_1 и D_2 и усилитель низкой частоты на транзисторах разной проводимости T_3 и T_4 , к которому через выходной трансформатор Tr подключен громкоговоритель Gr . Приемник питается от гальванической батареи B_1 с начальным напряжением 4,5 в.

Магнитная антенна представляет собой ферритовый стержень диаметром 8 и длиной 140 или 160 мм, на котором размещен подвижной картонный каркас с намотанной на нем контурной катушкой L_1 . Основным достоинством магнитной антенны является то, что для ее работы не требуется заземление, вследствие чего оказывается возможным создание портативного походного приемника. Другим положительным свойством такой антенны является ее высокая избирательность, т. е. способность выделять сигнал желаемой станции из всех других.

К сожалению, напряжение сигнала, наводимое в магнитной антенне радиоволнами даже местных станций, невелико (обычно не более 2—3 мв). В то же время для нормальной работы детектора требуется напряжение высокой частоты, по крайней мере в 20—30 раз больше. Поэтому в походном приемнике между магнитной антенной и детектором обязательно должен быть усилитель высокой частоты.

Прежде чем рассматривать, как работает усилитель высокой частоты приемника, необходимо познакомиться с тем, что представляет собой входное и выходное сопротивления транзисторного каскада, которые имеют большое значение для хорошей работы его.

При изменении напряжения на входе транзисторного каскада меняется входной ток транзистора. Когда мы разделим величину изменения входного напряжения $\Delta U_{вх}$ в милливольтх на величину происшедшего при этом изменения входного тока $\Delta I_{вх}$ в миллиамперах, то в результате согласно закону Ома получим сопротивление $r_{вх}$ в омах, которое и будет входным для данного каскада. Описанную зависимость можно выразить формулой

$$\Delta U_{вх} / \Delta i_{вх} = r_{вх}.$$

Аналогично выходное сопротивление каскада $r_{вых}$ в омах будет получено в результате деления величины изменения напряжения на коллекторе транзистора $\Delta U_{к}$ в милливольтх на соответствующую величину изменения коллекторного тока $\Delta i_{к}$ в миллиамперах. Формула для этого случая выглядит так:

$$\Delta U_{к} / \Delta i_{к} = r_{вых}.$$

Входное и выходное сопротивления зависят главным образом от схемы включения транзистора и, как правило, значительно различаются (табл. 2).

Если соединить два каскада с резко различными входным и выходным сопротивлениями, то оба каскада будут работать плохо, так как часть сигнала замкнется через меньшее сопротивление. Поэтому оба сопротивления стараются по возможности уравнивать, или, как говорят, согласовывать каскады. Это можно сделать различными способами.

Резонансное выходное сопротивление контура магнитной антенны походного приемника составляет сотни килоом, что значительно выше входного сопротивления первого каскада усилителя высокой частоты. Если подключить магнитную антенну непосредственно к контуру L_1C_1 , то она практически окажется замкнутой накоротко и перестанет работать.

Таблица 2

Схема включения транзистора	Входное сопротивление, ком	Выходное сопротивление, ком
С общим эмиттером	1—3	20—50
С общим коллектором	10—100	0,1—0,3
С общей базой	0,05—0,2	200—500

Уменьшение выходного сопротивления контура L_1C_1 достигается тем, что на вход усилителя подается не все наведенное напряжение сигнала, а только его небольшая часть, составляющая не более 5—10%. Делают это с помощью дополнительной катушки связи L_2 , намотанной рядом с катушкой L_1 и содержащей в 10—20 раз меньше витков, чем L_1 . При этом напряжение сигнала на входе усилителя будет составлять не более 100—300 мкв, но зато магнитная антенна сохранит свои высокие приемные качества.

Усилитель высокой частоты предназначен для усиления напряжения сигнала, действующего на выводах катушки связи (100—300 мкв), до величины, необходимой для нормальной работы детектора (50—100 мв). Для этого он должен иметь усиление 300—500, а с учетом того, что необходимо иметь по меньшей мере 100%-ный резерв, 600—1 000.

Такое большое усиление обеспечивается в данном приемнике с помощью усилителя на двух высокочастотных германиевых *p-n-p* транзисторах малой мощности T_1 и T_2 . В усилителе приняты меры по устранению влияния колебаний окружающей температуры и разброса параметров транзисторов на режимы их работы. Это достигнуто путем стабилизации величин коллекторных токов транзисторов T_1 и T_2 при помощи трех резисторов (R_1 , R_2 и R_3). Так как подобная стабилизация широко применяется в промышленной и любительской аппаратуре, то целесообразно остановиться на ее работе более подробно.

Как видно из рис. 13, база транзистора T_1 по постоянному току соединена через катушку связи L_2 с делителем напряжения на резисторах R_1 и R_2 , создающим на базе относительно общего провода («плюса») питания напряжение, равное примерно —1,2 в. Чтобы транзистор T_1 работал в нормальных условиях, напряжение между его базой и эмиттером должно составлять всего — (0,1 ÷ 0,3) в. Для компенсации излишнего отрицательного напряжения, поступающего на базу T_1 с делителя напряжения R_1 , R_2 , в цепи эмиттера T_1 установлен резистор R_3 . Его сопротивление подобрано с таким расчетом, чтобы эмиттерный ток транзистора T_1 , протекающий по этому резистору, создавал на нем напряжение 0,9—1,1 в, т. е. на 0,1 — 0,3 в меньше, чем на базе. Если коллекторный ток T_1 возрастет вследствие повышения окружающей температуры, напряжение на R_3 увеличится. Это повлечет за собой уменьшение разности напряжений между базой и эмиттером, в результате чего коллекторный ток понизится до ис-

ходной величины. При пониженной температуре окружающей среды будут иметь место обратные явления.

Поддерживать автоматически в нужных пределах режим транзистора T_2 оказалось возможным, присоединив его базу непосредственно к эмиттеру транзистора T_1 , т. е. использовать постоянное напряжение на резисторе R_3 в качестве стабилизированного смещения.

На первый взгляд может показаться, что транзистор T_1 включен по схеме эмиттерного повторителя, но на самом деле это не так. Как видно из рис. 13, между нижним по схеме выводом катушки L_2 и эмиттером транзистора T_1 включен конденсатор C_2 . Сопротивление этого конденсатора переменному току высоких частот очень мало, так что можно считать, что транзистор на высоких частотах включен по схеме с общим эмиттером.

Чтобы транзистор T_2 был включен по такой же схеме, параллельно резистору R_5 присоединен конденсатор C_3 . Нагрузкой второго каскада усилителя является резистор R_4 , напряжение сигнала с которого поступает на вход детектора.

Детектор походного приемника выполнен на двух диодах: D_1 и D_2 , включенных таким образом, что его выходное напряжение примерно в 2 раза больше входного. Резистор R_6 и конденсатор C_5 являются нагрузкой детектора и фильтром, препятствующим прохождению остатков высокочастотного напряжения прошедших через детектор высокочастотных составляющих на вход усилителя низкой частоты. Характерной особенностью детектора является то, что его вход подключен ко второму каскаду усилителя высокой частоты через переходный конденсатор C_4 , а не непосредственно, как в простейшем детекторном приемнике.

Усилитель низкой частоты походного приемника выполнен на двух низкочастотных германиевых транзисторах малой мощности и различной проводимости: *p-n-p* (T_3) и *n-p-n* (T_4). Такое сочетание транзисторов позволяет просто и эффективно обеспечить стабильную работу каскадов и сделать практически излишним подбор резисторов и транзисторов.

Как видно из рис. 13, напряжение между базой и эмиттером транзистора T_3 создается точно так же, как и у транзистора T_1 , при помощи резисторов R_7 , R_8 и R_{11} . База транзистора T_4 , который имеет проводимость, обратную проводимости T_3 , подключена к коллектору этого транзистора. Коллектор транзистора T_4 в свою очередь через первичную обмотку трансформатора TP_1 присоединен к эмиттеру T_3 и резистору R_{11} , а далее через этот резистор — к плюсу питания.

В описываемом приемнике величина тока транзистора T_4 должна составлять 7—8 *ма*, что необходимо для получения максимальной мощности около 15 *мва*, которую может дать примененный усилитель низкой частоты при напряжении питания 4,5 *в*.

Выходной трансформатор Tr в коллекторной цепи T_4 установлен потому, что сопротивление обмоток динамических громкоговорителей небольшое, 6—8 *ом*, а для нормальной работы большинства усилителей низкой частоты требуется сопротивление нагрузки в пределах 60—300 *ом*. Именно такое сопротивление и создает трансформатор Tr в коллекторной цепи транзистора T_4 .

Следует обратить внимание на ряд других особенностей, которых не было в предшествующих простейших конструкциях. Во-первых, усилитель высокой частоты и делитель напряжения на резисторах R_1R_2 питаются через фильтр R_9C_6 . Это сделано для устранения нежелательных последствий, которые возможны из-за взаимного влияния

каскадов через источник питания, что неизбежно в многокаскадных устройствах. Во-вторых, вход усилителя низкой частоты подключен к выходу детектора через электролитический конденсатор C_7 , для того чтобы по детекторному каскаду не протекал постоянный ток с делителя R_7R_8 . Сигнал через конденсатор C_7 передается с малыми потерями, так как емкость этого конденсатора выбрана достаточно большой.

Детали и конструкция. Как уже упоминалось, особенностью приемника является то, что для его изготовления используются самые доступные детали без какого-либо дополнительного их отбора. Транзисторы, указанные на рис. 13, являются самыми недорогими. Они могут быть заменены любыми другими в соответствии с рекомендациями табл. 1. Диоды D_1 и D_2 типа Д9Б-Д9Д или Д2Б-Д2Д. Постоянные резисторы типа УЛМ (BC-0,125) или МЛТ-0,25, МЛТ-0,5. Конденсатор переменной емкости (КПЕ) C_1 типа КПК-2 или КПК-3 на 10—100 или 25—150 пф. Можно также применить односекционный КПЕ чехословацкой фирмы «Тесла» на 6—350 пф. Конденсаторы C_2 — C_5 типа БМ-2, МБМ или КЛС емкостью от 0,02 до 0,05 мкф. Конденсаторы C_6 — C_8 электролитические типа К50-3 или ЭМ, ЭМ-Н, «Тесла» емкостью 10,0—20,0 мкф на рабочее напряжение от 6 до 15 в.

Трансформатор Tr выходной типа ТВКП либо от приемников «Альпинист», «Сокол» и др. Громкоговоритель Gr типа 1ГД-18 В качестве включателя питания удобно использовать одно- или двухполюсный тумблер, например типа ТП-1-2 или ТВ-2-1. Источником питания может служить батарея типа 3336Л или «Рубин-1». Первой из них хватит на 100—120 ч, второй — на 300—400 ч работы приемника. Возможно также применение трех последовательно соединенных элементов типа 316, 343, 373.

Катушки магнитной антенны (МА), монтажная плата, корпус и рукоятка настройки приемника — самодельные. Катушки наматывают проводом ПЭЛ, ПЭВ или ПЭЛШО диаметром 0,1—0,14 мм внавал на бумажном каркасе длиной 40 мм, который может свободно перемещаться по ферритовому стержню марки 400НН или 600НН диаметром 8 и длиной 140—160 мм. Количество витков зависит от типа примененного КПЕ. Для КПЕ типа КПК-2 или КПК-3 катушка L_1 должна иметь 240 витков, а L_2 10 витков, для конденсатора фирмы «Тесла» количество витков L_1 равно 170, L_2 8 витков.

Монтажную плату изготавливают из текстолита или гетинакса толщиной 1,0—2,0 мм (можно также из фибры или плотного картона). Общий вид монтажной платы с установленными на ней деталями и соединительными проводниками показан на рис. 14.

Рекомендуется перед пайкой соединений тщательно проверить правильность подключения выводов транзисторов, полярность включения диодов, электролитических конденсаторов и батареи питания. Громкоговоритель и батарею присоединяют к плате гибкими проводниками, например марки МГШВ. Такие проводники в разноцветной изоляции имеются в наборах монтажных проводов, выпускаемых для радиолюбителей.

Наладживание. Собранный из исправных деталей приемник не требует дополнительной регулировки, поскольку режимы работы всех транзисторов устанавливаются автоматически.

Необходимость в подборе резисторов может возникнуть лишь при значительных отклонениях в параметрах деталей от гарантированных значений. При этом режимы работы транзисторов подгоняют,

подбирая номиналы следующих резисторов; T_1 — R_1 или R_3 ; T_2 — R_3 ; T_3 — R_7 или R_{10} ; T_4 — R_{11} или R_{10} .

Приемник настраивают на станции, вращая ротор конденсатора C_1 . Громкость звучания регулируют, изменяя положение приемника относительно направления на станцию.

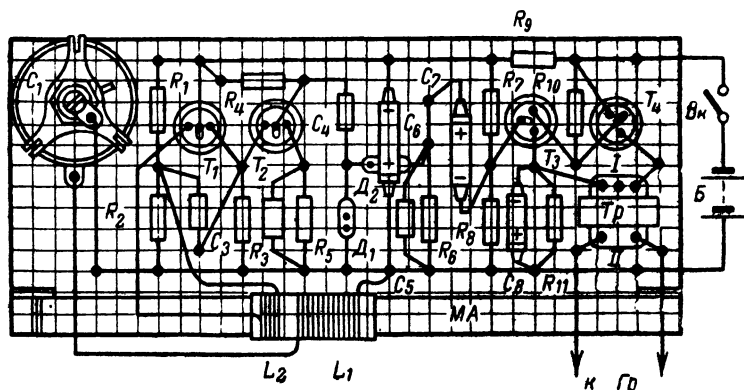


Рис. 14. Монтажная схема походного приемника.

Монтажную плату с громкоговорителем и источником питания устанавливают в фанерном корпусе, внешний вид которого показан

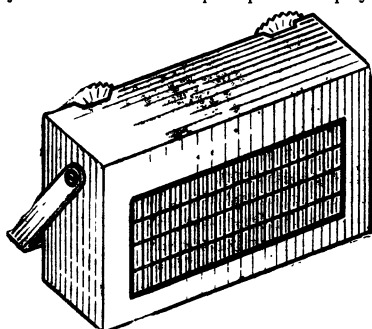


Рис. 15. Внешний вид походного приемника.

на рис. 15. Для удобства переноски к корпусу прикреплен плечевой ремень. Лицевую панель, где находится вырез для громкоговорителя, драпируют тканью или декоративной решеткой.

Рукоятку настройки выпиливают лобзиком из куска органического стекла или иной пластмассы и делают на ее торце насечку.

В процессе эксплуатации описанного походного приемника становятся заметными недостатки, причиной которых является простота его устройства, невы-

сокая чувствительность и малая выходная мощность.

Эти параметры можно заметно улучшить, если повысить напряжение питания до 6 в, используя четыре последовательно соединенных элемента типа 343 или 373. Измерения показали, что в этом случае выходная мощность увеличивается вдвое (до 30 мва), а чувствительность улучшается в 1,5—2 раза. При этом каких-либо дополнительных переделок в самом приемнике делать не нужно.

Пионерский мегафон

При проведении различных военных учений и спортивных соревнований широко применяются мегафоны — специальные устройства, усиливающие громкость звучания человеческого голоса. Описываемый простой мегафон с выходной мощностью до 1 в·а может быть использован в военных и спортивных играх пионерского отряда. На

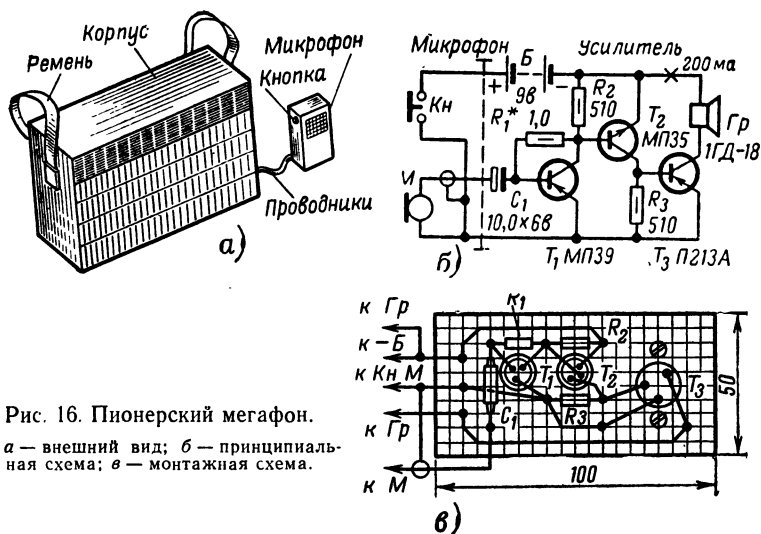


Рис. 16. Пионерский мегафон.

а — внешний вид; б — принципиальная схема; в — монтажная схема.

рис. 16, а приведен внешний вид мегафона, состоящего из основного устройства, заключенного в фанерный корпус с внешними размерами $80 \times 140 \times 200$ мм, и выносного микрофона с кнопкой включения питания. Внутри корпуса размещены усилитель с батареей питания и громкоговоритель. Усилитель соединен с микрофоном и кнопкой гибкими проводниками длиной 80 см. Корпус снабжен ремешком для переноски мегафона на груди или боку.

Принципиальная схема. Согласно принципиальной схеме, приведенной на рис. 16, б, мегафон включает микрофон Мк, усилитель низкой частоты на двух транзисторах различной проводимости малой мощности T_1 , T_2 и одном транзисторе средней мощности T_3 . Непосредственно в коллекторную цепь T_3 включен динамический громкоговоритель Гр. Усилитель питается от батареи Б напряжением 9 в. Так как он потребляет большой ток (до 600—800 ма при работе с максимальной мощностью), то батарея включается кнопкой Кн только непосредственно при подаче команд.

Особенностью принципиальной схемы усилителя является применение транзисторов различной проводимости (T_1 —р-п-р, T_2 —п-п-п, T_3 —п-п-р). Это позволило обойтись без переходных межкаскадных электролитических конденсаторов и упростить цепи смещения. Режимы работы всех трех транзисторов устанавливаются подбором резистора R_1 . Кроме того, использование транзистора средней мощно-

сти дало возможность включить громкоговоритель непосредственно в коллекторную цепь транзистора T_3 , что позволило обойтись без трансформатора и повысить выходную мощность.

Детали и конструкция. В усилителе пионерского мегафона могут быть использованы следующие детали: транзисторы T_1 типа МП39—МП42; T_2 — МП35—МП38; T_3 — П213—П215 (П201—П203, П4Б—П4Д), резисторы МЛТ-0,5 или УЛМ, конденсатор C_1 типа К50-3 или ЭМ, ЭМ-Н, «Тесла» емкостью 5,0—20,0 мкф на рабочее напряжение от 6 до 12 в. Батарея B состоит из шести включенных последовательно элементов типа 373 («Марс») или двух батарей «Рубин-1». Громкоговоритель $Гр$ типа 1ГД-18 или 1ГД-28, а также 1ГД-1, 1ГД-5, 1ГД-9 от приемников старых выпусков. В качестве микрофона $Мк$ применен капсюль типа ДЭМШ-1, подключаемый к усилителю экранированным проводом. Кнопка $Кн$ от звонка или самодельная. Микрофон и кнопка заключены в пластмассовый или фанерный футляр с решетчатыми вырезами.

Детали усилителя размещены на монтажной плате из гетинакса или плотного картона. Размеры платы и расположение деталей на фоне ученической бумаги в клеточку показаны на рис. 16, в.

Налаживание. Налаживание мегафона сводится к установке тока коллектора транзистора T_3 в пределах 150—200 ма при молчании, для чего подбирают номинал резистора R_1 . Ток измеряют амперметром на 1 а, который включают в разрыв цепи, обозначенный на схеме крестом. Вместо амперметра можно применить лампочку для карманного фонаря на 3,5 в, 0,28 а. При указанных значениях тока нить лампы должна светиться очень слабо.

Как показывает практика, начинающие радиолюбители, в том числе и сельские, стремятся поскорее сделать мощный усилитель низкой частоты. Собрав пионерский мегафон и успешно применив его, некоторые из читателей, возможно, захотят использовать его для других целей, как, например, для прослушивания грампластинок или озвучивания электрогитары.

Следует сказать, что усилитель такого простого мегафона для подобных целей непригоден. Главными препятствиями являются низкое качество звучания и большой потребляемый ток. В этом отношении значительно лучшими характеристиками обладает специальный универсальный усилитель низкой частоты, о котором пойдет речь далее.

Универсальный усилитель низкой частоты

Универсальным усилитель назван потому, что он может питаться как от отдельных источников постоянного тока — батарей и аккумуляторов напряжением 12 в, так и от сети переменного тока напряжением 220 в. Кроме того, относительно большая выходная мощность достигающая 2—4 в, широкая полоса пропускемых частот (60—10 000 гц), возможность плавного регулирования громкости звучания позволяют с большим успехом использовать описываемый усилитель совместно с электропроигрывателем грампластинок, электрогитарой, приемником, магнитофоном и микрофоном. Благодаря универсальности питания этот усилитель низкой частоты может быть использован как дома, так и на клубной сцене, а также на полевом стане.

Принципиальная схема. Согласно принципиальной схеме, приведенной на рис. 17, усилитель содержит входной каскад на транзисторе T_1 , плавный регулятор громкости, функции которого выполняет пе-

ременный резистор (потенциометр) R_4 , два каскада предварительного усиления сигнала на транзисторах T_2 и T_3 и выходной двухтактный каскад — усилитель мощности с трансформаторным входом и бестрансформаторным выходом на транзисторах T_4 и T_5 . К выходному каскаду присоединен динамический громкоговоритель $ГД$.

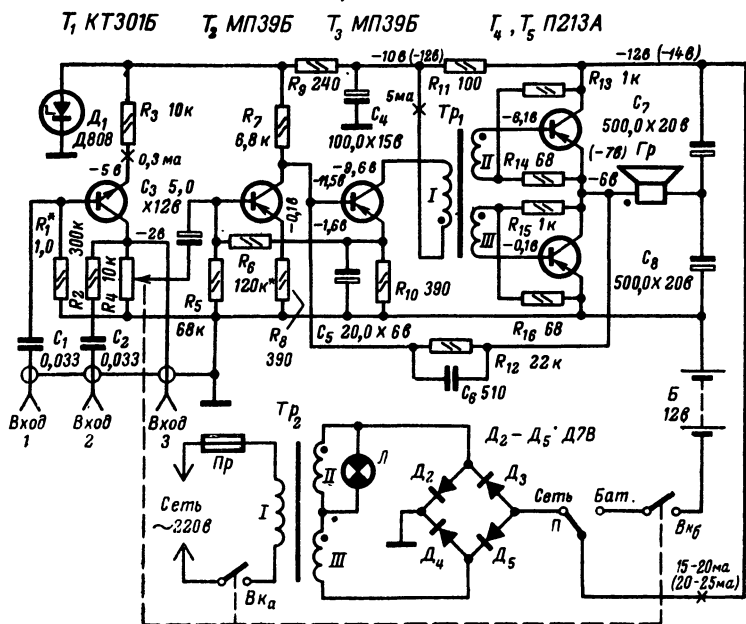


Рис. 17. Принципиальная схема универсального усилителя низкой частоты.

В зависимости от положения переключателя Π усилитель можно питать либо от отдельного батарейного источника тока, либо от электрической сети напряжением 220 В через понижающий трансформатор Tr_2 и выпрямитель на диодах D_2 — D_5 с фильтрующими конденсаторами C_7 и C_8 . Питание усилителя включается с помощью двоянного выключателя $Вк$, совмещенного с плавным регулятором громкости — потенциометром R_4 . Описываемый универсальный усилитель прост по устройству, доступен для изготовления, устойчив и неприхотлив в эксплуатации.

Выходной каскад на транзисторе T_1 предназначен для согласования большого выходного сопротивления пьезокерамического звукоснимателя ($500\text{ ком}—1\text{ Мом}$) с низким входным сопротивлением предварительного усилителя сигнала на транзисторах T_2 и T_3 .

Если пьезокерамический звукосниматель подключить непосредственно ко входу усилителя (базе транзистора T_2), то качество работы усилителя будет очень низким. Нередко с целью повышения входного сопротивления усилителя звукосниматель подключают последо-

вательно с дополнительным постоянным резистором сопротивлением 300 *ком* и более. Но при этом наряду с улучшением качества звучания наблюдается резкое ослабление сигнала, так как на вход усилителя теперь подается только очень малая часть напряжения, создаваемого звукоснимателем, обычно не более 2—3%. Поэтому для компенсации потерь приходится увеличивать количество каскадов усилителя, что усложняет его схему, изготовление и налаживание.

Есть другой способ повышения входного сопротивления — применение входного каскада, собранного по схеме эмиттерного повторителя. Если этот каскад будет выполнен на транзисторе с $V_{ст} = 40 \div 60$, то эмиттерный повторитель будет иметь входное сопротивление не менее 400—600 *ком* при сопротивлении нагрузки 10 *ком*. Но, к сожалению, обеспечить такое сопротивление нагрузки очень трудно, так как входное сопротивление последующего каскада, как правило, намного меньше 10 *ком*.

Для того чтобы при согласовании звукоснимателя с входным каскадом не возникали описанные трудности, последний собран на транзисторе T_1 по схеме с двумя нагрузочными резисторами. Один из них, R_3 , включенный в цепь эмиттера, повышает входное сопротивление каскада, а с другого, R_4 , включенного в цепь коллектора, снимается напряжение сигнала на последующий каскад. Резистор R_3 не шунтируется, чем достигается высокое входное сопротивление.

Входной каскад выполнен на высокочастотном кремниевом *n-p-n* транзисторе малой мощности типа КТ301Б (его можно заказать по почте через Центральную базу посылок), а не на низкочастотном германиевом *p-n-p* транзисторе малой мощности, например типа МП40. Это сделано потому, что входное сопротивление каскада, собранного по выбранной схеме на кремниевом транзисторе, всегда выше, чем на германиевом, при одном и том же значении $V_{ст}$. Это обстоятельство обусловлено значительно меньшей величиной тока утечки между базой и коллектором. Кроме того, высокочастотные транзисторы, в том числе и кремниевые, имеют малый уровень внутренних шумов, что очень важно для высококачественного воспроизведения звука. При необходимости можно, конечно, использовать низкочастотный кремниевый *n-p-n* транзистор малой мощности типа МП113 или аналогичный ему германиевый транзистор типа МП38А, но тогда качество работы усилителя несколько ухудшится.

Во входном каскаде осуществлены ступенчатая и плавная регулировки громкости. Ступенчатая регулировка производится путем подключения входа источника сигнала к одному из трех входов каскада. Вход 1 является самым высокоомным: его входное сопротивление не менее 500 *ком*. Чувствительность усилителя со входа 1, т. е. напряжение, необходимое для получения максимальной выходной мощности, около 20 *мв*. К этому входу присоединяют пьезокерамический звукосниматель, электрогитару, пьезомикрофон или выход детекторного приемника. Вход 2 имеет сопротивление несколько меньше (300 *ком*), а чувствительность в 30 раз хуже (600 *мв*). Он предназначен для подключения выхода портативного приемника или магнитофона.

Динамические микрофоны подключают ко входу 3. Чувствительность усилителя с этого входа около 7 *мв* при входном сопротивлении около 5 *ком*.

Во всех случаях плавная регулировка громкости осуществляется с помощью потенциометра R_4 , движок которого через переходный

конденсатор C_3 соединен со входом каскада на транзисторе T_2 . При вращении движка изменяется величина напряжения сигнала, поступающего на вход этого каскада.

Каскады предварительного усиления собраны на транзисторах T_2 и T_3 с непосредственной связью между ними и взаимной стабилизацией работы транзисторов. Для осуществления последней база транзистора T_3 и коллектор транзистора T_2 соединены и через резистор R_7 подключены к «минусу» питания. Необходимое напряжение на базе транзистора T_2 создается делителем напряжения на резисторах R_5 и R_6 , подключенным параллельно резистору R_{10} , находящемуся в цепи эмиттера транзистора T_3 . При таком включении транзисторов возможные изменения режима одного из них будут практически полностью компенсироваться обратным воздействием другого транзистора.

Например, если по каким-либо причинам увеличится ток коллектора транзистора T_2 , то соответственно уменьшится постоянное напряжение на базе и эмиттере транзистора T_3 . Это приведет к уменьшению напряжения на базе транзистора T_2 . В конечном результате коллекторный ток T_2 упадет до нормальной величины. При уменьшении коллекторного тока T_2 явления будут обратными.

Токи транзисторов T_2 и T_3 значительно различаются, составляя 0,6 и 5 ма соответственно (рис. 17). Малый ток транзистора T_2 обеспечивает большое входное сопротивление каскада, значительное усиление сигнала, а также малый уровень внутренних шумов. Последнему также в значительной степени способствует применение специального малошумящего транзистора типа МП39Б. Значительно больший ток транзистора T_3 необходим для получения мощности, достаточной для нормальной работы оконечного каскада.

Следует указать на одну особенность многокаскадных усилителей, а именно их склонность к самовозбуждению в результате возникновения обратных связей между каскадами через внутреннее сопротивление источника питания. В описываемом усилителе приняты специальные меры по устранению условий возникновения самовозбуждения. Для этого питание на транзисторы T_1 — T_3 подается через фильтр $R_{11}C_4$. Кроме того, транзисторы T_1 и T_2 питаются стабилизированным напряжением (8 в), которое подается со специального стабилизирующего диода D_1 (стабилитрона) типа Д808.

Оконечный каскад на транзисторах T_4 и T_5 предназначен для оконечного усиления сигнала до требуемой мощности. Выполнен он по двухтактной схеме с последовательным питанием транзисторов по постоянному току с трансформаторным входом (Tr_1) и бестрансформаторным выходом. Двухтактным этот каскад называется потому, что транзисторы T_4 и T_5 работают по очереди на два такта: один из них усиливает колебания отрицательной полярности, другой — положительной.

Последовательное питание транзисторов означает, что они подключены к источнику питания последовательно, один за другим. При таком включении напряжение питания делится между транзисторами поровну. При этом через оба транзистора проходит один и тот же постоянный ток, который используется как бы дважды: сначала транзистором T_5 , затем T_4 . Последовательное питание транзисторов имеет то преимущество перед параллельным, что здесь удастся за счет повышения напряжения питания в 2 раза вдвое уменьшить потребляемый ток. Это весьма существенно для усилителей с батарейным питанием

Так как оба транзистора оконечного каскада (T_4 и T_5) имеют одну и ту же проводимость ($p-n-p$), то для обеспечения их поочередной (двухтактной) работы и применяется дополнительный трансформатор Tr_1 , первичная обмотка которого включена в коллекторную цепь транзистора T_3 , а две одинаковые раздельные вторичные обмотки подключены к базам T_4 и T_5 и резисторам R_{14} и R_{15} . Особое включение этих обмоток позволяет транзисторам с одной и той же проводимостью усиливать по очереди отрицательные и положительные полупериоды сигнала. Начала обмоток Tr_1 на схеме на рис. 17 обозначены точками.

Сопротивления резисторов $R_{13}-R_{16}$ подобраны таким образом, чтобы коллекторный ток T_4 и T_5 находился в пределах 10—15 ма, но потери мощности сигнала на входе каскада из-за влияния резисторов R_{14} и R_{16} , включенных последовательно со вторичными обмотками трансформатора Tr_1 , были возможны меньшими.

Динамический громкоговоритель Gr_1 включается между общими точками транзисторов T_4 , T_5 и электролитических конденсаторов большой емкости C_7 , C_8 . Последние выбраны так, что их сопротивление на усиливаемых частотах переменного тока значительно меньше сопротивления звуковой катушки громкоговорителя.

Обычно усилители низкой частоты вносят некоторые искажения в усиливаемый сигнал. С целью уменьшения их прибегают к дополнительному подбору оконечных транзисторов, регулировке режимов, а также введению глубокой отрицательной обратной связи. В данном усилителе цепь обратной связи состоит из резистора R_{12} и конденсатора C_6 , включенных между точкой присоединения громкоговорителя Gr_1 с транзисторами T_4 , T_5 и базой транзистора T_3 . Введенная отрицательная обратная связь в несколько раз уменьшает чувствительность усилителя, но зато во столько же раз уменьшает искажения сигнала.

На рис. 17 показано, что к транзисторам T_4 и T_5 подключен один громкоговоритель. Можно применить вместо одного два. Тогда значительно улучшается качество звучания и повышается к. п. д. громкоговорителей (при условии установки их в одном корпусе). Последнее объясняется тем, что громкоговорители как бы помогают друг другу. Особенно заметно улучшение к. п. д. на самых низких и средних частотах, где относительный выигрыш равен числу громкоговорителей (при двух громкоговорителях к. п. д. повышается в 2 раза, при трех — в 3 раза, при четырех — в 4 раза).

Дальнейшее увеличение числа громкоговорителей хотя и приводит к некоторому улучшению отдачи на самых низких частотах, но в меньшей степени.

Кроме того, дополнительно повысить громкость звучания можно, применяя громкоговорители повышенной чувствительности, например типа 4ГД-4 от приемника «ВЭФ-радио», которые высылает по почте Межреспубликанская база Центросоюза. Коэффициент полезного действия этих громкоговорителей во всей полосе пропускемых частот в 2—2,5 раза выше, чем у широко известных 2ГД-8, 4ГД-7 и 4ГД-28.

Использование двух громкоговорителей типа 4ГД-4 позволяет увеличить в 2—2,5 раза отдачу на высоких частотах и в 3—4 раза — на средних и самых низких частотах, т. е. по результату применение двух громкоговорителей 4ГД-4 равносильно увеличению максимальной выходной мощности усилителя в 2—1 раз. А это немало.

Исходя из изложенного, можно считать целесообразным использование одного громкоговорителя при ограниченных материальных возможностях или необходимости создания многобаритной установ-

ки для работы главным образом от сети переменного тока, когда величина потребляемого тока не играет существенной роли

В свою очередь применение двух громкоговорителей типа 2ГД-8, 4ГД-7, 4ГД-28, а еще лучше 4ГД-4 предпочтительно при создании усилителя, предназначенного для высококачественного воспроизведения звука как при автономном питании, так и при питании от сети.

Источник питания усилителя, как видно из рис. 17, состоит из внутренней батареи B_1 и выпрямителя на диодах $D_2—D_5$ с понижающим трансформатором Tr_2 . Батарея B_1 может быть составлена, например, из восьми гальванических элементов 373, включенных последовательно. Такая батарея обеспечивает работу усилителя с одним громкоговорителем в течение 10—15 ч, с двумя громкоговорителями 24—30 ч.

Для питания усилителя можно использовать также автомобильный 12-вольтовый аккумулятор, установив его вне корпуса усилителя. От аккумулятора усилитель может работать сотни часов.

При питании от сети напряжение 220 в понижается трансформатором Tr_2 до 12,6 в, которое выпрямляется мостовым выпрямителем на диодах $D_2—D_5$ и далее сглаживается конденсаторами. Для защиты выпрямителя от перегрузки применяется предохранитель Pr_1 на 0,25 а. Накальная лампа L_1 (6,3 в, 0,28 а) сигнализирует о включении усилителя в сеть.

Относительно небольшой потребляемый ток, не превышающий 0,5 а, позволяет применить в выпрямителе самые доступные и недорогие диоды типов Д7Б—Д7Е, которые в мостовой схеме могут обеспечить выпрямленный ток до 0,6 а.

Детали. Для изготовления универсального усилителя низкой частоты используют главным образом готовые узлы и детали. Исключение составляют дополнительные теплоотводы, монтажная плата, а также трансформатор Tr_1 . Размещение деталей на монтажной плате универсального усилителя низкой частоты приведено на рис. 18.

Транзистор КТ301Б (T_1) может быть заменен П501-П503 или МП113. В крайнем случае можно применить транзистор типа МП38А. Вместо транзистора T_2 типа МП39Б можно установить транзисторы МП40—МП42, обязательно отобранные по минимуму уровня внутренних шумов. О том, как это можно сделать, рассказано в разделе «Простые измерительные приборы», помещенном в конце книги. Транзистор T_3 может быть типа МП40—МП42 или МП25, МП26 с любым буквенным индексом.

Транзисторы T_4 и T_5 могут быть типа П213 или П214 с различными буквенными индексами. Абсолютные значения коэффициенты усиления по току $B_{от}$ у этих транзисторов особой роли не играют, лишь бы они были не менее 20 и возможно более близкими как при малых, так и при больших токах коллекторов. В любительских условиях целесообразно подбирать пару таких транзисторов, у которых токи коллекторов примерно одинаково зависят от токов баз. Проще всего измерения этих зависимостей проводить на постоянном токе, собрав специальную испытательную приставку, предназначенную для подбора идентичных пар транзисторов. Такая приставка описана в конце книги.

Вместо стабилизирующего (опорного) диода D_1 типа Д808 возможно применение (в крайнем случае) диода типа Д809, но при этом сопротивление резистора R_9 необходимо уменьшить до 150 ом. Выпрямительные диоды $D_2—D_5$ должны быть рассчитаны на постоянный ток не менее 300 ма и обратное напряжение 150—200 в и более.

Этим требованиям удовлетворяют диоды типа Д7В—Д7Д и Д226Б—Д226Е.

Переменный резистор R_4 (регулятор громкости) типа ТК-Д (с двухполюсным включателем) сопротивлением 10 ком. Постоянные резисторы типа УЛМ-0,125 или МЛТ-0,5. От качества конденсаторов C_7 и C_8 во многом зависит долговечность усилителя. Здесь можно использовать электролитические конденсаторы типов КЭ-2, КЭ-2М емкостью 500,0 мкф на рабочее напряжение 20 или 30 в или типа

К50-3 такой же емкости на рабочее напряжение 25 в. Конденсаторы C_3 , C_4 , C_5 — типа К50-3; C_1 , C_2 и C_6 — типа КЛС.

Понижающий трансформатор Tr_2 готовый; в качестве Tr_2 используется накальный трансформатор промышленного изготовления, применяемый для телевизора «Рекорд-Б». Этот трансформатор можно выписать из обеих посылочных организаций, указанных в начале книги. Имеющиеся в трансформаторе две понижающие обмотки на 6,3 в включаются последовательно и синфазно (т. е. так, чтобы при измерении напряжения на соединенных обмотках вольтметр показывал 12,6 в). В противном случае выводы одной из обмоток нужно поменять

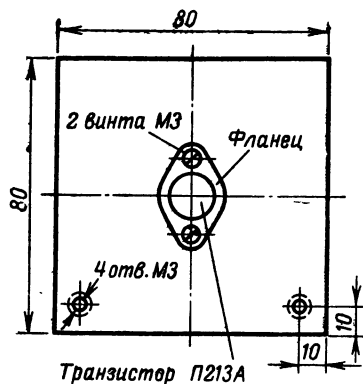


Рис. 18. Чертеж дополнительного теплоотвода для транзистора средней мощности.

местами. Сигнальная лампа L_1 подключается параллельно той понижающей обмотке, которая намотана более толстым проводом. Кроме того, на этом месте можно использовать силовой трансформатор от сетевого приемника III или IV класса, у которого есть две обмотки на 6,3 в для накала ламп. Переключатель вида питания P представляет собой двухполюсный тумблер типа ТВ-2-1. Входные гнезда *Вход 1* — *Вход 3* применены от телевизионных приемников, так же как и колодка предохранителя Pr , патрон для сигнальной лампы L_1 и сама лампа — от любого сетевого приемника.

Громкоговорители типов 4ГД-4, 4ГД-7, 4ГД-28, рекомендованные для усилителя ранее, могут быть заменены другими четырехваттными динамическими громкоговорителями, например 4ГД-2, 4ГД-8Е. При отсутствии четырехваттных громкоговорителей можно применить два двухваттных типа 2ГД-8 или 2ГД-19, также включив их последовательно и синфазно.

Теплоотводы, как уже упоминалось, являются обязательной принадлежностью оконечных транзисторов при выходной мощности более 2—3 в. В данной конструкции применяются самые простые и доступные теплоотводы — пластинчатые, представляющие собой пластину латуни, дюралюминия или стали толщиной 2—4 мм в виде квадрата со сторонами 80 мм. Внешний вид транзистора П213 с дополнительным теплоотводом показан на рис. 18.

При установке транзистора на теплоотводе очень важно обеспечить плотный и равномерный тепловой контакт между соприкасаю-

щимися поверхностями транзистора и теплоотвода. Для этого желательно делать отверстия в теплоотводе, предназначенные для выводов транзистора, возможно меньшего диаметра, а для обеспечения изоляции надевать на выводы эмиттера и базы короткие трубочки из полихлорвинила. Кроме того, необходимо смазать поверхность теплоотвода в месте установки транзистора тонким слоем вазелина. Тонкая пленка смазки между поверхностями транзистора и теплоотвода заполняет мельчайшие неровности соприкасающихся поверхно-

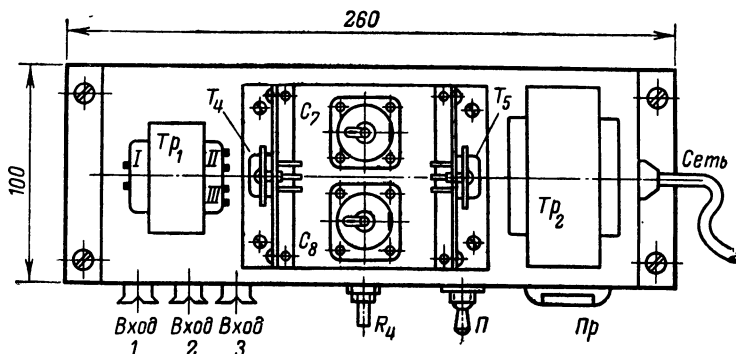


Рис. 19. Примерное расположение основных деталей на верхней панели шасси.

стей, вытеснив из них воздух, благодаря чему становится возможным увеличение мощности, рассеиваемой транзистором. Нужно помнить, что хороший отвод тепла возможен только тогда, когда накладной фланец, стягивающий транзистор и теплоотвод, туго привинчен.

Конструкция. Все детали усилителя размещены на металлическом шасси. Шасси и громкоговоритель (или громкоговорители), а также отдельный батарейный источник питания устанавливают внутри деревянного корпуса, играющего большую роль в улучшении качества воспроизведения звука.

Шасси представляет собой металлический короб высотой 50, шириной 120 и длиной 300 мм. Для него можно использовать листовую сталь толщиной 1—1,5 мм или дюралюминий толщиной 1,5—2 мм. Непосредственно на верхней панели шасси закрепляют трансформаторы Tp_1 и Tp_2 и плату из текстолита или гетинакса толщиной 2—3 мм, на которой установлены транзисторы T_4 , T_5 с теплоотводами и электролитические конденсаторы C_7 , C_8 , а также разъемы для подключения к выходу усилителя громкоговорителей. Примерное расположение названных узлов и деталей показано на рис. 19. Там же видно размещение штекерных гнезд *Вход*, с помощью которых вход усилителя через экранированный кабель соединяется с источником сигнала и колодкой предохранителя.

Установка теплоотводов на плате из изолирующего материала вызвана тем, что корпуса привинченных к ним транзисторов соединены с коллекторами.

Диоды D_1 — D_5 , резисторы (кроме R_4), а также детали предварительных каскадов усилителя на транзисторах T_1 — T_3 устанавливают

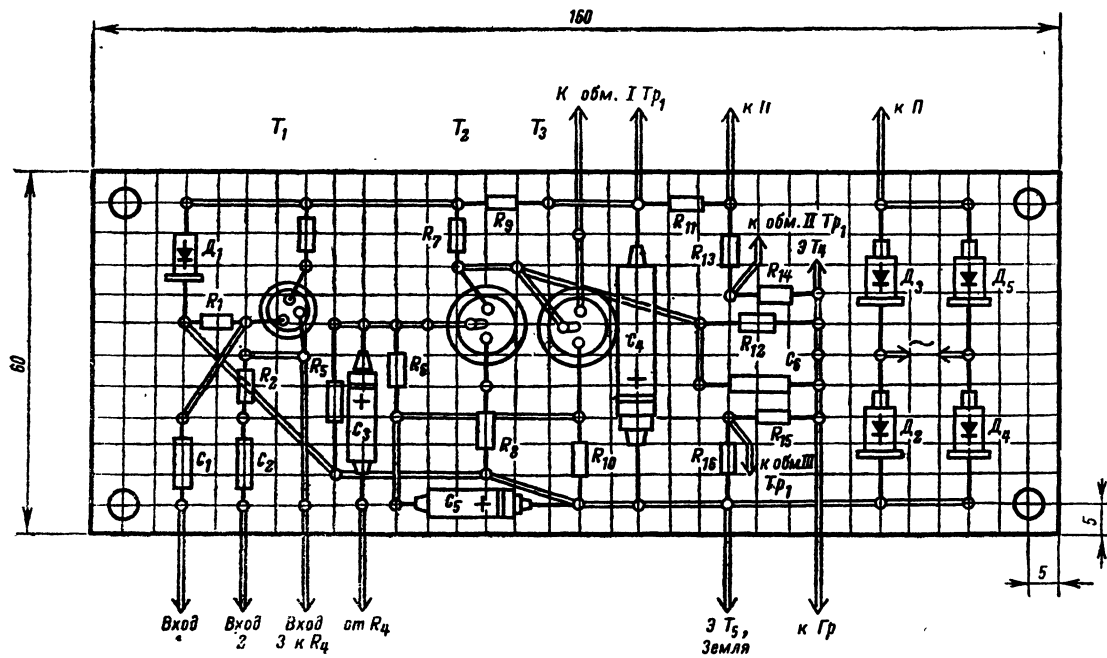


Рис. 20. Размещение деталей на монтажной плате универсального усилителя низкой частоты.

на второй монтажной плате из изолирующего материала, которая находится в подвале шасси. Чертеж этой платы с деталями изображен на рис. 20. В результате размещения второй монтажной платы в подвале шасси каскады предварительного усиления оказываются хорошо экранированными от электрических наводок со стороны трансформаторов Tr_1 и Tr_2 .

Трансформатор Tr_1 самодельный. Он изготавливается на основе выходного трансформатора радиовещательных приемников «Родина-60», «Эфир-67» и «Урал-57» или телевизоров «Рубин», «Рекорд». УНТ-35, «КВН». Возможна также переделка выходных трансформаторов кадровой развертки телевизоров (ТВК). При переделке первичная обмотка трансформатора остается без изменения, а вторичную перематывают заново: вместо одной обмотки наматывают проводом ПЭЛ, ПЭВ-1 или ПЭВ-2 диаметром 0,14—0,2 мм две одинаковые, обозначенные на рис. 17 II и III. Количество витков в каждой из обмоток II и III должно быть в 6 раз меньше, чем в первичной. Так как последняя обычно содержит 2 000—2 400 витков провода, то вторичные обмотки должны иметь по 340—400 витков. Между обмотками делают прокладки из одного-двух слоев лакоткани или конденсаторной бумаги. При намотке витки всех обмоток укладывают в одну сторону, а выводы обмоток маркируют (начала обмоток II и III на схеме на рис. 17 обозначены точкой). Нарушение рекомендуемого включения обмоток может привести к самовозбуждению выходного каскада или большим искажениям сигнала.

Выходные гнезда, переключатель вида питания Π , регулятор громкости R_4 и гнездо предохранителя Pr устанавливаются на боковой стенке шасси. Сигнальная лампа L_1 с патроном размещена в декоративном обрамлении на передней части корпуса усилителя.

Монтажные соединения между платами осуществляются гибкими разноцветными проводами марки МГШВ-0,35, входящими в комплект

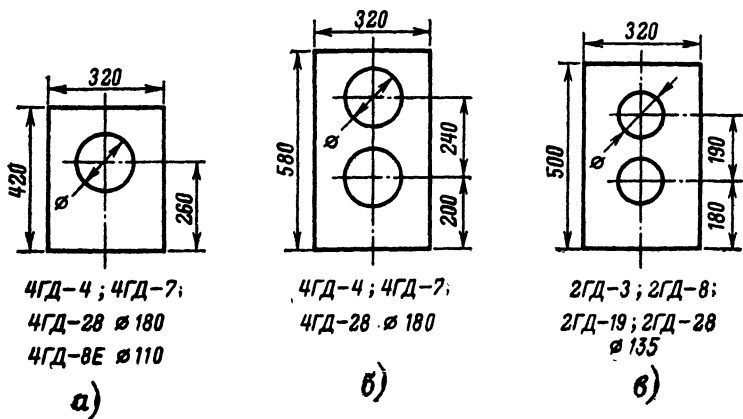


Рис. 21. Вид лицевой панели универсального усилителя при использовании различных громкоговорителей.

а — одного четырехваттного; б — двух четырехваттных, в — двух двухваттных.

монтажных проводов НПР-1 и НПР-2, высылаемых посылочной базой Центросоюза. Провод сетевого питания длиной 3—4 м должен иметь надежную резиновую или хлорвиниловую изоляцию. Кабель, по которому подается сигнал на какой-либо из входов усилителя, должен обязательно иметь металлическую экранирующую оплетку, что необходимо во избежание паразитных наводок. Длина этого кабеля в зависимости от вида сигнала может быть от 1,5—2 до 5—7 м.

Корпус усилителя состоит из двух разъемных частей: собственно корпуса и лицевой панели. Корпус склеивают из сосновых или еловых досок толщиной около 20

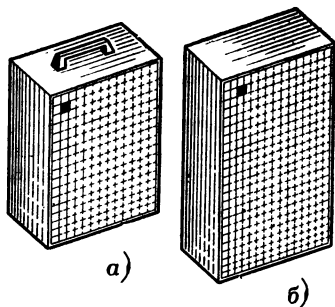


Рис. 22. Внешний вид различных вариантов универсального усилителя низкой частоты.

a — переносного; *б* — стационарно-го.

и шириной 200—250 мм и укрепляют шурупами. Лицевую панель, на которой устанавливают громкоговорители, делают из фанеры толщиной 8 мм и более. При отсутствии фанеры можно использовать древесноволокнистые плиты толщиной 15—20 мм и выше. Размеры лицевой панели с учетом установки на ней громкоговорителей различных типов указаны на рис. 21. Громкоговорители закрепляют с внутренней стороны лицевой панели шурупами или винтами, а наружную сторону ее плотно обтягивают декоративной тканью. Для этого лучше всего использовать специальную радиоткань, но можно применить также мешковину

или бортовую ткань, предварительно окрашенные анилиновыми красителями в подходящий цвет, например в черный или коричневый.

Декоративную ткань закрепляют столярным клеем, нанесенным полосой шириной 20—30 мм по краям внутренней стороны лицевой панели. Для хорошего натяжения ткани она должна быть предварительно выглажена горячим утюгом и слегка смочена водой.

Соединение лицевой панели с корпусом производится с помощью шурупов и окаймляющей рамки из сосновых реек сечением 20×40 мм. С целью улучшения акустических свойств соприкасающиеся поверхности панели и корпуса прокладывают сукном или тонким войлоком. С этой же целью к нижней части корпуса приклеивают и дополнительно фиксируют шурупами две полоски из толстого войлока.

Внешнее оформление усилителя в целом определяется числом применяемых в нем громкоговорителей и его назначением. Например, если используется один четырехваттный или два двухваттных громкоговорителя, то можно оформить усилитель в виде переносной конструкции, снабдив его удобной ручкой так, как это показано на рис. 22, *a*. Если же применены два четырехваттных громкоговорителя, то более целесообразно сделать усилитель стационарным (рис. 22, *б*), хотя современные четырехваттные громкоговорители повышенной чувствительности типа 4ГД-8Е позволяют создавать также и переносные модели. При необходимости возможно создание переносной

установки с использованием двух четырехваттных громкоговорителей типов 4ГД и 4ГД-28.

Налаживание. Налаживание усилителя следует начинать с проверки правильности выполнения всех монтажных соединений, а также же исправности применяемых узлов и деталей. При этом следует обратить внимание на синфазность включения последовательно соединенных громкоговорителей.

После устранения замеченных ошибок и неполадок можно включать питание, сначала при отсутствии сигнала и разомкнутой цепи отрицательной обратной связи (для этого резистор R_{12} и конденсатор C_6 отключают в точке, отмеченной на рис. 17 крестом). Если в первые минуты после включения питания транзисторы остаются холодными, понижающий трансформатор не гудит и не греется, отсутствуют дым и потрескивание электрических искр, то можно продолжить работу с усилителем. В противном случае питание немедленно отключают и повторно проверяют усилитель.

Дальнейшие операции по налаживанию исправного усилителя сводятся к контролю режимов работы транзисторов, а в случае значительных отклонений их от нормы (более чем на 10—15%) — к дополнительной подгонке. Все контролируемые токи и напряжения указаны на рис. 17. В скобках даны режимы при питании от сети, без скобок — при питании от свежих батарей.

Последовательность измерений должна быть такой. Сначала измеряют напряжение источника питания и ток, потребляемый от него, затем напряжение в точке соединения эмиттера T_4 с коллектором T_5 и ток, потребляемый этими транзисторами. Далее измеряют ток, протекающий через транзистор T_3 и напряжения на электродах транзисторов T_1 — T_3 . Во всех случаях постоянные напряжения измеряют относительно «заземления» («плюса» питания), а токи — в точках разрыва цепей, обозначенных на схеме на рис. 17 крестами.

При необходимости режимы работы транзисторов подгоняют, подбирая номиналы резисторов, отмеченные на схеме на рис. 17 звездочками.

Уравнивание напряжений питания транзисторов T_4 и T_5 можно осуществлять в небольших пределах (до $\pm 0,5$ в), подбирая номинал одного из резисторов R_{13} или R_{15} . При больших отклонениях желательно поменять транзисторы T_4 и T_5 местами или же заменить их другой парой транзисторов.

Требуемые значения коллекторных токов окончательных транзисторов устанавливают путем одновременной замены резисторов R_{13} и R_{15} . Как показывает практика, необходимость в дополнительном подборе резисторов возникает лишь при использовании деталей с большим разбросом параметров. Следует подчеркнуть, что все перепайки и замены нужно делать только при отключенном питании.

После проверки и подгонки режимов работы транзисторов переходят к проверке громкости и качества звучания усилителя при работе от какого-либо источника сигнала: звукоснимателя, приемника или магнитофона. Лучше всего, конечно, воспользоваться специальным генератором низкочастотного сигнала, хотя бы самым простым. Подключив выход такого генератора к одному из входов усилителя, можно оценить его чувствительность, выходную мощность и уровень искажений сигнала. Описание такого генератора и правила пользования им приведены в разделе «Простейшие измерительные приборы».

Убедившись в работоспособности усилителя и достаточной громкости воспроизводимого звука, можно восстановить цепь отрицательной обратной связи, припаяв отключенные резистор R_{12} и конденсатор C_6 . Если после этого звучание станет тише, но чище, то можно считать налаживание законченным. Если, наоборот, после восстановления цепи обратной связи искажения увеличатся или даже усилитель самовозбудится, то необходимо поменять местами выводы первичной обмотки трансформатора Tr_1 .

В случае необходимости тембр звучания может быть изменен путем подбора номинала конденсатора C_6 .

Эксплуатация. Несмотря на простоту устройства, описанный универсальный усилитель низкой частоты может решать широкий круг задач. Например, подключив его *Вход 1* к звукоусилителю электропроигрывателя типа III—ЭПУ-28М, мы получим высококачественный электрофон для проигрывания грампластинок с громкостью, достаточной для озвучивания небольших аудиторий и танцплощадок.

Если ко *Входу 1* подключить выход датчика электрогитары, а ко *Входу 3* микрофон, то получится небольшая эстрадная акустическая установка, с помощью которой можно усиливать пение и аккомпанемент.

В простейшем случае универсальный усилитель можно применять для увеличения громкости и улучшения качества звучания простых переносных и стационарных приемников. Следует только помнить, что недопустимо даже кратковременное короткое замыкание на выходе усилителя при работе с максимальной мощностью. Если это произойдет, то транзисторы T_4 и T_5 неминуемо выйдут из строя.

Заканчивая описание усилителя, необходимо подчеркнуть, что его не очень высокая максимальная выходная мощность является определенным ограничением для озвучивания больших аудиторий и танцплощадок, для чего требуются усилители низкой частоты с выходной мощностью не менее 8—10 *вт*. Такие устройства значительно сложнее и дороже описанного усилителя, а поэтому доступны изготовлению только опытным радиолюбителям.

Как показывает практика, можно сделать относительно простую и недорогую акустическую установку с выходной мощностью 8—12 *вт*, если выполнить ее в виде отдельного усилителя мощности низкой частоты, описываемого далее.

Мощный выходной каскад низкой частоты

На танцевальных вечерах в небольших сельских клубах и школах обычно используют радиолы и магнитофоны, выходная мощность которых, как правило, не превышает 2—3 *вт*. Практика показывает, что для озвучивания танцевальных залов требуются усилители низкой частоты и соответствующие им акустические установки с номинальной мощностью не менее 8—10 *вт*. Получить такую мощность и даже большую (до 12 *вт*) можно, присоединив к выходу обычной радиолы или магнитофона мощный оконечный каскад низкой частоты, отличающийся от обычных усилителей низкой частоты большей простотой устройства, изготовления, налаживания и эксплуатации.

Мощный оконечный каскад низкой частоты предназначен исключительно для увеличения во много раз мощности выходного сигнала приемника, магнитофона или иного звуковоспроизводящего приемного или усилительного устройства. Обычно коэффициент усиления мощных оконечных каскадов находится в пределах 30—100, иногда

более. Это значит, что для достижения максимальной выходной мощности таких каскадов на их вход нужно подать сигнал, мощность которого меньше в 3С—100 раз. Если учесть, что современные оконечные каскады низкой частоты могут иметь максимальную выходную мощность в пределах 10—100 *вт*, то становится очевидным возможность их использования совместно с любым приемником, магнитофоном или электрофоном, развивающим выходную мощность до 0,3—3,0 *вт*, достаточную для «раскачки» оконечного каскада.

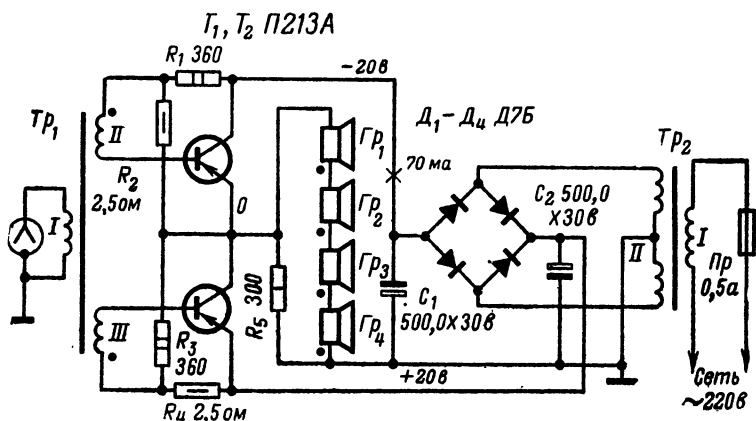


Рис. 23. Принципиальная схема мощного выходного каскада низкой частоты.

Характерной особенностью мощных оконечных каскадов является отсутствие ступенчатых и плавных регулировок громкости и тембра, а также каскадов предварительного усиления сигнала. Использование мощного оконечного каскада предполагает, что все названные узлы и регулировки имеются в том аппарате (приемнике, магнитофоне и т. п.), совместно с которым работает оконечный каскад. Благодаря этому и достигаются чрезмерная простота конструкции и дешевизна этого каскада, который в большинстве случаев содержит только выпрямитель, оконечный усилитель мощности и несколько динамических громкоговорителей, установленных в футляре, называемом акустической колонкой.

Описываемый далее мощный оконечный каскад предназначен для дополнительного усиления громкости звучания массовой приемной, усилительной и воспроизводящей аппаратуры II—IV классов.

В зависимости от типа и числа динамических громкоговорителей, применяемых в этом каскаде, его максимальная мощность может составлять 8 или 12 *вт*.

При работе с максимальной выходной мощностью 12 *вт* в диапазоне частот от 60 до 10 000 *гц* мощность, потребляемая каскадом от сети переменного тока напряжением 220 *в*, составляет около 3С—35 *вт*, а от источника сигнала 0,2—0,3 *вт*. Как видно из приведенных данных, описываемый каскад может работать с полной выходной

мощностью при подключении его входа к громкоговорителю практически любого приемника, магнитофона или электрофона.

Принципиальная схема. На рис. 23 приведена принципиальная схема оконечного каскада, состоящего из акустической колонки и размещенного в ней усилителя на двух транзисторах. Вход усилителя подключается либо к гнезду для включения дополнительного громкоговорителя, либо непосредственно к звуковой катушке основного громкоговорителя приемника, радиолы, магнитофона или электрофона.

Как видно из рис. 23, схема описываемого оконечного каскада аналогична схеме такого же каскада универсального усилителя низкой частоты (см. рис. 17), но в данном каскаде напряжение питания повышено с 14 до 40 в и последовательно и синфазно включены чётные громкоговорителя вместо одного или двух.

Усилитель оконечного каскада двухтактный на двух транзисторах средней мощности типа П213А (T_1 и T_2) с трансформаторным входом (Tr_1) и бестрансформаторным выходом. Усилитель питается от двухполупериодного мостового выпрямителя на четырех диодах Д7В ($D_1—D_4$) с двумя сглаживающими электролитическими конденсаторами большой емкости (C_1 и C_2).

Переменное напряжение на диоды $D_1—D_4$ подается с обмотки II трансформатора Tr_2 . Эта обмотка имеет отвод от середины, соединенный с «заземленной» точкой конденсаторов C_1 и C_2 .

Такое включение обмотки и конденсаторов позволяет «заземлить» один из проводов, ведущих к громкоговорителям, и питать транзисторы T_1 , T_2 постоянным напряжением одинаковой величины, но противоположной относительно «земли» полярности. Все это способствует улучшению надежности работы оконечного каскада.

Ранее уже говорилось о достоинствах и особенностях подобных каскадов, поэтому целесообразно остановиться лишь на возможностях описываемого каскада.

Во-первых, напряжение питания в нем повышено и число последовательно соединенных громкоговорителей увеличено, для того чтобы сохранить ток, потребляемый транзисторами усилителя на таком уровне, который позволяет применять в выпрямителе доступные любителям диоды типа Д7 и Д226. При неизменном напряжении питания потребовалось бы устанавливать специальные диоды большой мощности.

Во-вторых, повышение напряжения питания позволяет более полно использовать примененные транзисторы средней мощности П213А и электролитические конденсаторы 500,0 мкф, 20 в (C_1 и C_2). Если бы напряжение осталось прежним, то оказалось бы необходимым заменить транзисторы специальными большой мощности и установить электролитические конденсаторы емкостью не менее 2 000—4 000 мкф.

При напряжении питания 40 в каскад на транзисторах T_1 и T_2 способен развивать максимальную выходную мощность до 8 вт при общем сопротивлении звуковых катушек применяемых громкоговорителей 18 ом и до 12 вт при 13,5 ом. Так как сопротивление звуковой катушки одного, двух- или четырехваттного громкоговорителя равно 4,5 ом, то в первом случае потребуются четыре громкоговорителя (двух- или четырехваттных), а во втором — три четырехваттных.

Следует учесть, что здесь, так же как и в описанном ранее универсальном усилителе низкой частоты, наблюдается повышение звуковой отдачи громкоговорителей на низких и средних частотах в ре-

зультате их взаимного влияния при близком расположении в плоскости передней панели. Так, при четырех громкоговорителях это повышение эквивалентно увеличению подводимой электрической мощности на этих частотах в 3—4 раза, при трех — в 2—3 раза.

Если к тому же использовать громкоговорители с повышенной отдачей, например типа 4ГД-4 или 4ГД-8Е, то можно получить увеличение громкости во всей полосе воспроизводимых частот, эквивалентное повышению подводимой электрической мощности вдвое.

Приведенные факты свидетельствуют о том, что даже при использовании четырех двухваттных громкоговорителей данный оконечный каскад дает на нижних и средних частотах такую же громкость звучания, как усилитель с выходной мощностью 24—32 *вт*, но только с одним громкоговорителем. Если же применены громкоговорители с повышенной отдачей, оконечный каскад эквивалентен во всей полосе воспроизводимых частот обычному усилителю с выходной мощностью 16 *вт*.

Таким образом, при соответствующем выборе параметров усилительного каскада на транзисторах T_1 и T_2 , а также типа и числа громкоговорителей удастся сравнительно просто добиться большой громкости и хорошего качества звучания.

Детали. Деталей в описываемом аппарате немного, причем значительная часть их промышленного производства (транзисторы, диоды, конденсаторы, резисторы и предохранитель). Самодельными являются только трансформаторы.

Транзисторы T_1 и T_2 типа П213А или П213Б с возможно более близкими значениями $V_{ст}$ при различных значениях тока коллектора. О том, как подбирать пары транзисторов с одинаковыми параметрами, сказано в конце книги при описании прибора для испытания транзисторов средней мощности. В случае необходимости возможно применение транзисторов иных типов в соответствии с данными табл. 1, приведенной в начале книги. Диоды D_1 — D_4 типа Д7Б—Д7Е или Д226Е—Д226Е.

Конденсаторы C_1 и C_2 типов КЭ-2 или КЭ-2М и К50-3 емкостью 500,0 *мкф* на рабочее напряжение 20 или 30 *в*. Качество работы каскада улучшится, если вместо каждого конденсатора ставить по два параллельно соединенных по 500,0 *мкф* так, чтобы общая емкость каждого каскада C_1 и C_2 была 1 000 *мкф*. Это уменьшит фон от выпрямителя и искажения сигнала при большой громкости.

Резисторы R_1 , R_3 и R_5 должны быть типа МЛТ на мощность рассеивания 2 *вт* и иметь отклонение от номинала не более $\pm 5\%$. Если есть возможность, то целесообразно подобрать эти резисторы так, чтобы их сопротивления были по возможности одинаковыми. Резисторы R_2 и R_4 составные. Каждый из них состоит из восьми включенных параллельно резисторов типа УЛМ сопротивлением по 22 *ом*. Резистор R_5 играет роль балластного сопротивления на случай отключения основной нагрузки. Его номинал может находиться в пределах 270—510 *ом*. Здесь подойдет резистор типа МЛТ мощностью 2 *вт*.

Выходной трансформатор Tr_1 самодельный. Для его изготовления используются каркас и сердечник от стандартного телевизионного выходного трансформатора кадровой развертки типа ТВК-70. Все три обмотки трансформатора наматывают заново. Они должны содержать по 130 витков провода ПЭВ или ПЭЛШО 0,41—0,51. Возможно также использование сердечников с каркасами от выходных трансформаторов усилителей низкой частоты вещательных и телеви-

зионных приемников, упомянутых в разделе «Детали» универсального усилителя. В этом случае количество витков каждой катушки должно быть равно 200, а диаметр провода 0,31—0,35 мм.

Трансформатор Tr_2 должен быть на мощность не менее 30—40 вт. Для этой цели практически подойдут сердечник и каркас любого силового трансформатора сетевых приемников II—IV классов, например «Муромец», «Рекорд 61—36», «Урал-5», «Стрела», «Ангара-67», «Сириус-5» и т. п. Сетевая обмотка трансформатора остается без изменения, а вторичную (повышающую) перематывают на напряжение

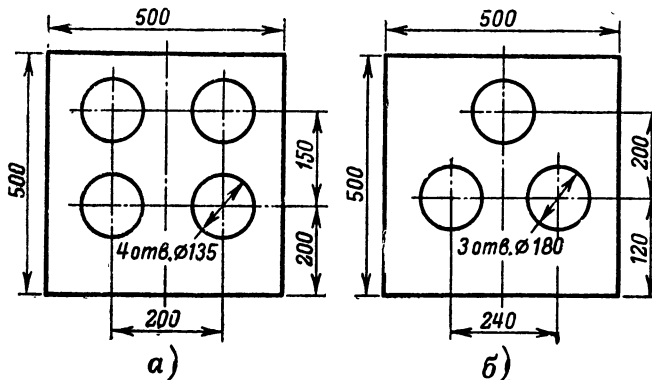


Рис. 24. Чертежи передней панели мощного выходного каскада низкой частоты при использовании различных громкоговорителей.

а — четырех двухваттных; б — трех четырехваттных.

32—34 в действ. проводом марки ПЭВ или ПЭЛШО диаметром 0,6 мм для выходной мощности до 8 вт или 0,8 мм для выходной мощности 12 вт. Число витков перемотанной вторичной обмотки должно быть в 5 раз больше, чем у обмотки напряжением 6,3 в для питания нитей накала ламп с отводом от середины обмотки. Для питания сигнальной лампы Л (6,3 в, 0,28 а) используют одну из накальных обмоток, имеющихся на трансформаторе.

Трансформатор Tr_2 может быть собран и самостоятельно на сердечнике Ш 30×30. При этом обмотка I должна содержать 1 050 витков провода ПЭВ-1 0,35, обмотка II—128 витков провода ПЭВ-2 0,8 с отводом от середины, обмотка III—26 витков провода ПЭВ-2 0,35.

Сетевой предохранитель Pr должен быть на ток 0,5 а.

Конструкция. Конструктивно оконечный каскад выполнен точно так же, как описанный ранее универсальный усилитель. Различия лишь в габаритах (каскад имеет внешние размеры 250×500×500 мм) и числе громкоговорителей. Размеры шасси, расположение узлов и деталей остаются прежними. Вследствие использования значительно меньшего количества деталей и отсутствия каких-либо органов регулировки и переключения, кроме одного входного гнезда и сетевого провода питания с вилкой, требуемое количество отверстий в шасси значительно сокращается.

Провод сетевого питания должен иметь надежную резиновую или хлорвиниловую изоляцию, а его длина должна быть около 3—4 м.

Входной кабель должен быть обязательно в металлической оплетке, что необходимо во избежание наводки частоты от городской сети на вход каскада. Длина его может быть несколько больше, до 5—7 м. К концу входного кабеля припаивают антенный штекер от телевизора, который вставляют в соответствующее гнездо, используемое в качестве входного.

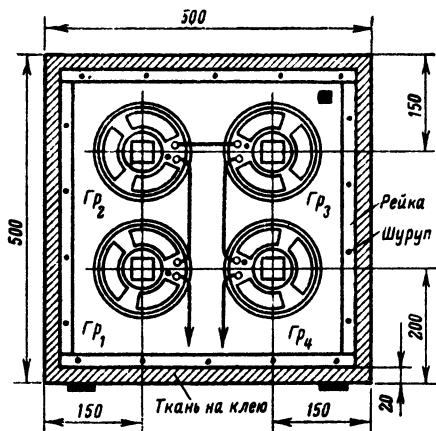


Рис. 25. Примерный вид размещения и соединения громкоговорителей с внутренней стороны передней панели.

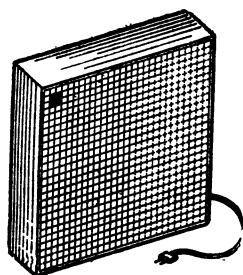


Рис. 26. Внешний вид мощного выходного каскада низкой частоты.

Футляр акустической колонки делают точно таким же, как футляр универсального усилителя. Чертежи передних панелей под различное число громкоговорителей приведены на рис. 24. Примерное размещение четырех двухваттных громкоговорителей типа 2ГД-8, а также соединения выводов их катушек показаны на рис. 25. Наличие сукожных или войлочных амортизирующих прокладок между диффузородержателями громкоговорителей и передней панелью, этой панелью и корпусом, а также корпусом и полом крайне желательно.

Внешний вид оконечного каскада показан на рис. 26.

Наладивание. Если при подборе деталей и изготовлении аппарата были учтены приведенные рекомендации, сами детали исправны, а монтаж произведен правильно, то наладивание сводится лишь к проверке режимов работы транзисторов при отсутствии сигнала и в режиме отдачи максимальной мощности. В первом случае постоянное напряжение на коллекторах транзисторов относительно корпуса должно быть равно 20—21 в, общий ток, потребляемый устройством, должен составлять около 70 ма, а коллекторные токи транзисторов T_1 и T_2 15—20 ма.

При отдаче максимальной мощности напряжение на коллекторах T_1 и T_2 понижается до 18—19 в, а потребляемый ток возрастает до 0,5 а. Признаком хорошей работы каскада является симметричное распределение напряжения питания между транзисторами. Если эта

симметрия нарушается, то можно сделать вывод о недостаточной идентичности использованной пары транзисторов и необходимости заменить их. Допускается, чтобы величины постоянных напряжений на коллекторах транзисторов при отдаче ими максимальной мощности различались не более чем на $\pm 0,8$ в. Выравнивать симметрию постоянных напряжений на коллекторах путем подбора номиналов резисторов R_1 и R_3 в данном устройстве не рекомендуется, так как это приводит к снижению максимальной выходной мощности и появлению дополнительных искажений сигнала.

В процессе испытаний необходимо следить за тепловым режимом транзисторов и диодов. Допускается, чтобы за время длительной работы в режиме отдачи максимальной мощности корпуса транзисторов и поверхности теплоотводов были теплыми, но не горячими. О тепловом режиме полупроводниковых приборов можно судить по величине потребляемого постоянного тока, который должен составлять при выходной мощности до 8 в·а около 300 ма, а при 12 в·а 450—500 ма. Превышение высших пределов более чем на 20% свидетельствует о чрезмерном разогреве транзисторов, причиной чего может быть либо плохой тепловой контакт между транзисторами и теплоотводами, либо неисправность одного или нескольких громкоговорителей.

При налаживании и испытании устройства необходимо пользоваться измерительным генератором, хотя бы простым, описанным в конце книги.

Эксплуатация. Обращение с налаженным акустическим агрегатом не сложно. Для этого необходимо подключить зажимы или вилки входного кабеля к выходу воспроизводящего устройства (к выводам основного или гнездам дополнительного громкоговорителя), затем включить в сеть кабель питания, и агрегат готов к действию.

Включать описанный оконечный каскад на полную выходную мощность следует лишь в просторных залах и на открытом воздухе. Кроме того, не рекомендуется подключать к выходу каскада, хотя бы «для пробы», только один громкоговоритель. При этом оконечный каскад в течение долей секунды может развить такую выходную мощность, которая неминуемо выведет громкоговоритель из строя.

В процессе эксплуатации необходимо следить за тем, чтобы задняя, открытая часть футляра акустической колонки была удалена от стен или громоздких предметов на расстоянии не менее 0,5 м, что очень важно для качественной работы установки на нижних и средних частотах. Тем более не рекомендуется закрывать открытую часть плотной крышкой.

Как показали испытания, описанное устройство по своим электрическим и акустическим параметрам наиболее пригодно для воспроизведения ритмичных танцевальных мелодий, когда требуется подчеркнуть низшие ударные звуки. В то же время получены хорошие результаты при озвучивании электрогитары через предварительный усилитель, в качестве которого использовался универсальный усилитель, описанный ранее. При этом вход устройства подключался параллельно выводам одного из громкоговорителей.

ПРОСТЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Существует большое число разнообразных измерительных приборов, предназначенных для налаживания различных радиоэлектронных устройств, контроля и корректировки их параметров, снятия

многих характеристик. К числу таких приборов относятся вольтметры постоянного и переменного тока, измерители постоянного тока (амперметры и миллиамперметры), омметры, измерительные генераторы сигналов низкой и высокой частоты, испытатели транзисторов, диодов и т. п.

Все эти и многие другие измерительные приборы находят широкое применение в заводских и лабораторных условиях, мастерских по ремонту бытовой радиоаппаратуры, радиоклубах и кружках, а также в практике опытных радиолюбителей. Роль измерительных приборов во всех случаях очень велика, поскольку без их помощи трудно наладить, проверить или отремонтировать приемник, а тем более телевизор или магнитофон.

Практика показывает, что начинающий радиолюбитель, в том числе и сельский, вполне может обходиться в своей деятельности небольшим числом измерительных приборов, одни из которых он имеет возможность заказать по почте, а другие сделать самостоятельно. Далее описаны простые измерительные приборы, необходимые при налаживании ряда конструкций, что уже было сказано. К их числу относятся универсальные комбинированные измерители тока, напряжения и сопротивления (фабричного изготовления), а также самодельные испытатели транзисторов малой и средней мощности и генератор низкой частоты.

Универсальные комбинированные измерительные приборы

Многопредельные комбинированные измерительные приборы в большинстве своем предназначены для измерения тока, напряжения и сопротивления постоянному току в радиотехнической аппаратуре. Они рассчитаны на применение как в лабораторных, так и в цеховых и полевых условиях и поэтому оформлены в виде переносных конструкций.

О качестве измерительного прибора судят по его основной погрешности (классу точности). Основная погрешность при измерении токов и напряжений выражается в процентах номинального (наибольшего) значения на шкале прибора.

При измерении сопротивления и емкости основная погрешность прибора выражается в процентах рабочей длины шкалы, которой принято считать 0,9 фактической длины шкалы прибора.

В радиоаппаратуре в подавляющем большинстве случаев отклонения значений токов и напряжений на 5 и даже 10% номинала не играют заметной роли. Отсюда и необходимая точность измерений может быть не выше IV класса точности, т. е. $\pm 4\%$.

Основные характеристики многопредельных комбинированных измерительных приборов широкого назначения включают виды измерений и их пределы, частотный диапазон, основные погрешности по отдельным видам измерений и, наконец, входное сопротивление прибора при измерении напряжения.

Чтобы действительные погрешности прибора не выходили за допустимые пределы, он при измерениях должен находиться в так называемых нормальных условиях, причем чем выше необходимая точность измерения, тем тщательнее приходится соблюдать эти условия. Температура в помещении, в котором производится измерение, должна быть около 20 °С. Прибор должен быть установлен в положе-

ние, указанное в инструкции (обычно горизонтальное). Отклонение от этого положения более чем на 30° вызывает значительное увеличение основной погрешности. При установке прибора его необходимо защищать от внешних электрических полей и других наводок. Подвижная система прибора должна быть правильно отрегулирована, т. е. стрелка прибора установлена на нуль шкалы корректором, имеющимся в приборе.

Однако соблюдение только нормальных условий эксплуатации еще не гарантирует получение заданной точности измерения. Очень большое значение имеют правильное включение прибора в исследуемую цепь и соблюдение правил измерений.

Обычно универсальные комбинированные приборы снабжены набором соединительных проводов со щупами и наконечниками. Для подключения этих проводов к прибору пользуются штекерами, если в приборе имеются гнезда, или плоскими наконечниками, если прибор снабжен соответствующими зажимами. К исследуемой цепи провода присоединяют при помощи щупов, плоских наконечников и зажимов «крокодил». Щупы предназначены для кратковременного подключения прибора, например при измерении напряжения или сопротивления. При контроле тока или использовании прибора в качестве индикатора удобнее применять зажимы «крокодил».

Очень большое значение имеет выбор места включения прибора в исследуемую цепь. При этом надо иметь в виду, что присоединение измерительного прибора не должно выводить отдельный каскад или устройство в целом из рабочего состояния, так как иначе результаты измерений дадут неверное представление о работе радиоаппарата. Нарушение рабочего состояния происходит из-за того, что подключенные к аппарату соединительные провода измерительного прибора могут вызвать паразитные связи, а также из-за влияния внутреннего сопротивления прибора, которое изменяет сопротивление измеряемого участка.

Градуйровка прибора действительна лишь для определенной полосы частот, оговоренной техническими условиями на данный прибор. Обычно приборы выпрямительной системы градуируют на переменном токе синусоидальной формы частотой 50 гц. При измерении на других частотах в пределах диапазона, допустимого техническими условиями, основная погрешность прибора несколько увеличивается.

После установки прибора в рабочее положение необходимо подготовить прибор к нужным виду и пределу измерения. Если неизвестна примерная величина измеряемого напряжения или тока, то для начала следует установить на приборе наибольший предел, чтобы избежать перегрузки прибора и резких бросков стрелки, которые могут повредить его подвижную систему. Следует особо отметить, что нельзя производить какие-либо переключения в приборе, находящемся под током, так как при этом можно испортить прибор или нарушить его градуировку.

Перед измерением сопротивлений предварительно надо установить стрелку на нуль шкалы омметра. Для этого прибор включают по схеме омметра, замыкают щупы накоротко и, вращая ручку установки нуля омметра, стрелку прибора совмещают с нулем шкалы (заметим, что нуль на шкале омметра находится справа). При переходе на другой предел измерения установку стрелки прибора на нуль шкалы омметра необходимо проверять.

Обычно универсальные комбинированные приборы носят название ампервольтметр, сокращенно авометр, что характеризует их возможности измерять ток, напряжение и омическое сопротивление. Среди большого количества типов авометров, изготовляемых нашей промышленностью, есть такие, которые доступны широкому кругу радиолюбителей. С одним из них, а именно прибором Ц-20, мы познакомимся более подробно.

Авометр типа Ц-20

Универсальный многопредельный измерительный прибор типа Ц-20 предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, переменного напряжения и сопротивления. Этот прибор является наиболее доступным для широкого круга радиолюбителей, в том числе и сельских, благодаря его дешевизне и возможности приобретения по почте через базы Посылторга и Центросоюза.

Принципиальная схема авометра типа Ц-20 приведена на рис. 27. Основой измерительной части прибора является стрелочный микроамперметр μA . Для измерений постоянного тока параллельно микроамперметру подключаются дополнительные шунты R_7-R_{12} . При измерении постоянного напряжения последовательно с микроамперметром включают дополнительные резисторы $R_{17}-R_{22}$ (непосредственно), переменного напряжения — резисторы $R_{18}-R_{21}$ (через выпрямитель на диодах D_1 и D_2), а при измерении сопротивлений — резисторы R_6 , R_{10} , R_{16} , а также источник питания B_1 , в качестве которого используют два гальванических элемента 1,3ФМЦ-0,25 или одну батарею 3336Л (КБС-Л-0,50), или (на шкале $\times 1000$) три последовательно соединенных элемента типа 102АМЦ (внешняя батарея). Стрелку прибора устанавливают на нуль шкалы омметра при помощи переменного резистора R_2 , ручка которого выведена на лицевую панель.

Измерения авометром Ц-20 можно делать в следующих пределах: постоянного напряжения 0—1,5; 0—5; 0—30; 0—120 и 0—500 в; переменного напряжения на частотах 50—5 000 гц 0—7,5; 0—30; 0—150 и 0—500 в; постоянного тока 0—0,3; 0—3; 0—30; 0—300 и 0—750 мА и сопротивления 0—1 и 0—10 ком; 0—0,1 и 0—1 Мом.

Основная погрешность измерения постоянного напряжения и тока, а также переменного напряжения не превосходит $\pm 4\%$. Внутреннее сопротивление прибора составляет 10 ком/в при измерении постоянного напряжения и 2 ком/в при измерении переменного напряжения.

Для измерения выбирают с помощью однополюсных вилок, вставляемых в соответствующие гнезда на лицевой панели прибора. На этой же панели смонтированы все детали прибора и стрелочный измеритель (микроамперметр). Панель помещена в пластмассовый корпус, в котором имеются держатели для источников питания. Внешние размеры прибора 75×208×213 мм.

Как видно из приведенных данных, прибор Ц-20, несмотря на простоту своего устройства и дешевизну, позволяет осуществлять практически все виды измерений, требующиеся при налаживании аппаратуры как на лампах, так и на транзисторах.

Схемы включения авометра типа Ц-20 при измерении различных величин показаны на рис. 28: постоянного напряжения на резисторе, переменного напряжения на выводах катушки громкоговорителя, постоянного тока коллектора транзистора и сопротивления резистора.

При этом следует иметь в виду, что шкалы переменных напряжений отградуированы в действующих значениях, т. е. мощность P (вт), выделяемую на сопротивлении R (ом) при действующем измеренном напряжении переменного тока на нем u (в действ.), следует определять по формуле $P = u^2/R$, вт. Например, если сопротивление катушки громкоговорителя $R = 4,5$ ом, а измеренное на ней напряжение неискаженного сигнала составляет 4,0 в действ., то подводимая к громкоговорителю мощность равна $P = \frac{4,0^2}{4,5} = 3,55$ вт.

Практика показала, что наиболее точно можно измерить мощность только тогда, когда сигнал имеет синусоидальную форму, т. е. при подаче сигнала от измерительного генератора.

Следует указать, что авометр является хотя и простым, но все же достаточно точным измерительным прибором, сделать который начинающему сельскому радиодлюбителю будет очень трудно. По-

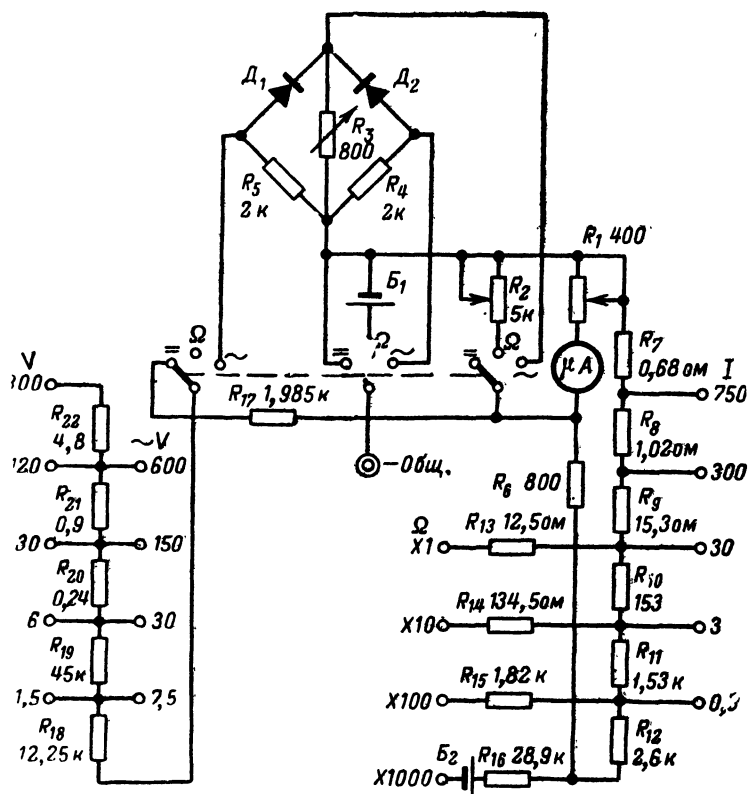


Рис. 27. Принципиальная схема авометра типа Ц-20.

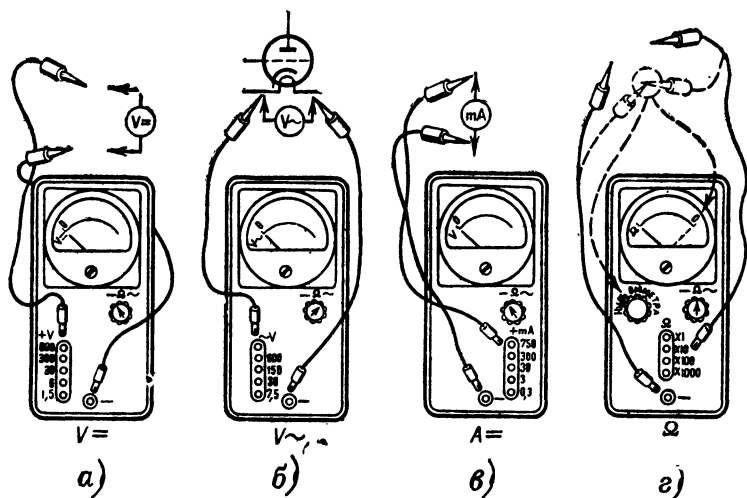


Рис. 28. Схемы включения авометра типа Ц-20 при измерениях.

а — постоянного напряжения; *б* — переменного напряжения; *в* — постоянного тока; *г* — сопротивления.

этому лучше всего приобрести его готовым. Что же касается испытателей транзисторов и простейшего генератора низкой частоты, то их можно сделать и самостоятельно.

Испытатель транзисторов малой мощности

В любительской практике распространены главным образом испытатели транзисторов со стрелочным индикатором, измеряющие коэффициент $B_{ст}$ на постоянном токе. Недостатком таких приборов является невозможность определить уровень внутренних шумов транзистора, что, как было показано, имеет очень важное значение. Такие измерения можно произвести либо на специальных дорогостоящих установках, либо с помощью простого испытателя со звуковой индикацией.

Испытатель со звуковой индикацией позволяет определить величину $B_{ст}$ на переменном токе, а также оценить уровень внутренних шумов германиевых *p-n-p* и *n-p-n* транзисторов малой мощности. Прибор представляет собой генератор низкой частоты, собранный на испытываемом транзисторе с дополнительным каскадом усиления генерируемых колебаний, необходимым для нормальной работы динамического громкоговорителя, играющего роль индикатора звука. Испытатель питается от источника напряжением 3—4,5 в, в качестве которого можно использовать батарею типа 3336Л (КБС-Л-0,50) или три элемента типа 316 или 343, соединенных последовательно.

Принципиальная схема. Принципиальная схема испытателя приведена на рис. 29. Как уже было сказано, на испытываемом транзисторе T_1 собран генератор колебаний низкой частоты. Полярность

питания контролируемого транзистора в зависимости от типа его проводимости ($p-n-p$ или $n-p-n$) можно менять при помощи переключателя Π .

Для возникновения колебаний в любом генераторе необходимо наличие в нем резонансного контура и элементов, создающих положительную обратную связь. В генераторе испытателя эти функции осуществляют низкочастотный трансформатор Tr_1 , конденсатор C_1 и резисторы R_1 , R_3 . Возбуждение генератора возможно лишь тогда,

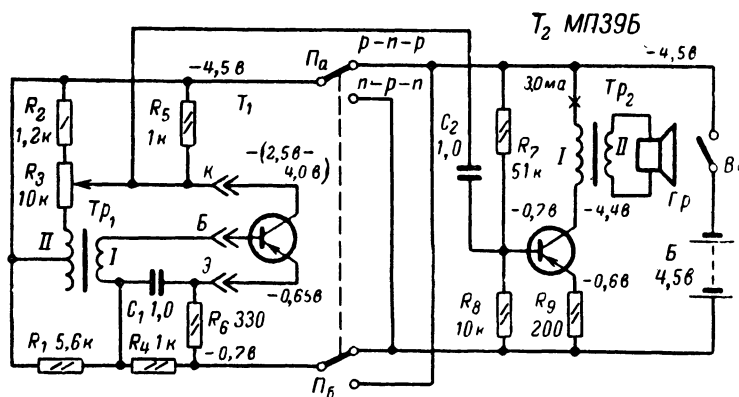


Рис. 29. Принципиальная схема испытателя транзисторов малой мощности.

когда положительная обратная связь будет иметь определенную величину, зависящую от коэффициента испытываемого транзистора. Таким образом, изменяя обратную связь, можно определить $B_{ст}$.

В испытателе положительная обратная связь регулируется потенциометром R_3 , который снабжен шкалой, проградуированной непосредственно в единицах $B_{ст}$. Крайнее нижнее (по схеме на рис. 29) положение движка потенциометра соответствует значению $B_{ст}=0$, а крайнее верхнее $B_{ст}=150$. При использовании потенциометра с линейной шкалой изменения сопротивления (группа А) среднее положение движка соответствует $B_{ст}=75$.

Поскольку величина $B_{ст}$ определяется по моменту возникновения колебаний, когда они еще очень слабые, для надежного распознавания звука в испытателе имеется дополнительный усилительный каскад на транзисторе T_2 , к которому через выходной трансформатор Tr_2 присоединен громкоговоритель Gr . Кроме возможности более точно распознавать момент начала генерации, этот каскад позволяет ясно прослушивать через громкоговоритель Gr внутренние шумы испытываемого транзистора при подходе к генерации, когда в результате действия положительной обратной связи усиление каскада на транзисторе T_1 значительно возросло, а генерация еще не наступила. И чем меньше шумит громкоговоритель при подходе к генерации, тем лучше качество испытываемого транзистора. Наоборот, если заметный шум прослушивается еще задолго до наступления

генерации, то такой транзистор будет работать плохо в любом каскаде.

Детали. В испытателе применены транзистор T_2 типа МП39—МП42 с любым буквенным индексом, постоянные резисторы типа УЛМ (ВС 0,125) или МЛТ-0,5, потенциометр R_3 типа ТК-Д на 10 ком, совмещенный с выключателем питания Вк, и конденсаторы C_1 и C_2 типа МБМ емкостью по 1,0 мкф на рабочее напряжение 160 в. В качестве переключателя полярности P используется двухполюсный тумблер типа ТВ-2-1, а трансформатора Tr_1 — малогабаритный согласующий трансформатор типа ТСМ, обычно используемый в карманных приемниках. Его первичную обмотку присоединяют к цепи базы транзистора T_1 , а половину вторичной — к цепи обратной связи. Аналогично в качестве трансформатора Tr_2 применяется малогабаритный выходной трансформатор типа ТВМ, первичная обмотка которого включена в цепь коллектора транзистора T_2 , а ко вторичной подключен малогабаритный динамический громкоговоритель типа 0,1ГД-6 или 0,2ГД-1.

Конструкция. Все детали испытателя, кроме громкоговорителя и батареи питания, размещены на монтажной плате из текстолита или гетинакса, чертеж которой приведен на рис. 30, а. Плату вместе с батареей и громкоговорителем устанавливают внутри корпуса прибора, примерный вид которого дан на рис. 30, б. Выводы испытываемых транзисторов подключаются к трем гнездам Э, Б и К, которые, так же как и ось потенциометра R_3 и переключатель P , находятся на передней панели прибора.

Наладка. Для того чтобы убедиться в работоспособности прибора, необходимо подключить к его гнездам Э, Б и К выводы заведомо исправного транзистора с $V_{ст} = 40 \div 60$ (например, типа МП41 или МП38А), поставить переключатель P в нужное положение (р-п-р или п-р-п), и повернув ось потенциометра R_3 , включить питание. Далее, плавно вращая эту ось от деления «150» по направлению к «нулю», определяют момент возникновения генерации, частота которой должна составлять около 1000—2000 гц. Эти частоты хорошо слышны в громкоговорителе. Если генерация (звук) отсутствует, то необходимо проверить соответствие режимов транзисторов T_1 и T_2 по постоянному току. Если отклонения не более $\pm(10 \div 15)\%$, то необходимо изменить полярность включения выводов первичной или вторичной обмотки трансформатора Tr_1 .

Добившись устойчивой генерации, можно перейти к градуировке шкалы потенциометра в единицах $V_{ст}$. Для этого в гнезда испытателя вставляют выводы заведомо исправных транзисторов, имеющих известные значения $V_{ст}$ в пределах от $V_{ст} = 10$ до $V_{ст} = 100 \div 150$, например: 10, 30, 50, 100 и 150. Вращая ручку, надетую на ось потенциометра R_3 , определяют момент возникновения генерации и отмечают положение ручки на передней панели.

Эксплуатация. При испытании транзисторов с неизвестными коэффициентами $V_{ст}$ можно определить их по положению ручки потенциометра R_3 в момент возникновения генерации. Погрешность измерений при напряжении питания от 3,0 до 4,5 в не более $\pm 10\%$. Исправными можно считать транзисторы, у которых $V_{ст}$ больше или равно 10. Если же генерация возникает в положении $V_{ст} = 8 \div 10$ и менее либо не возникает при $V_{ст} = 0$, то такой транзистор можно считать неисправным и непригодным к использованию.

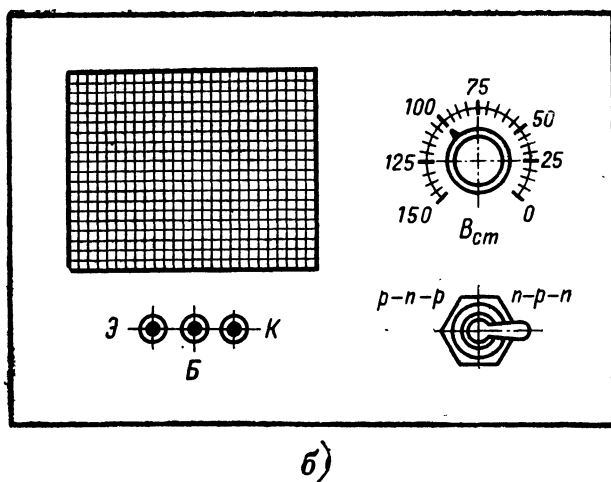
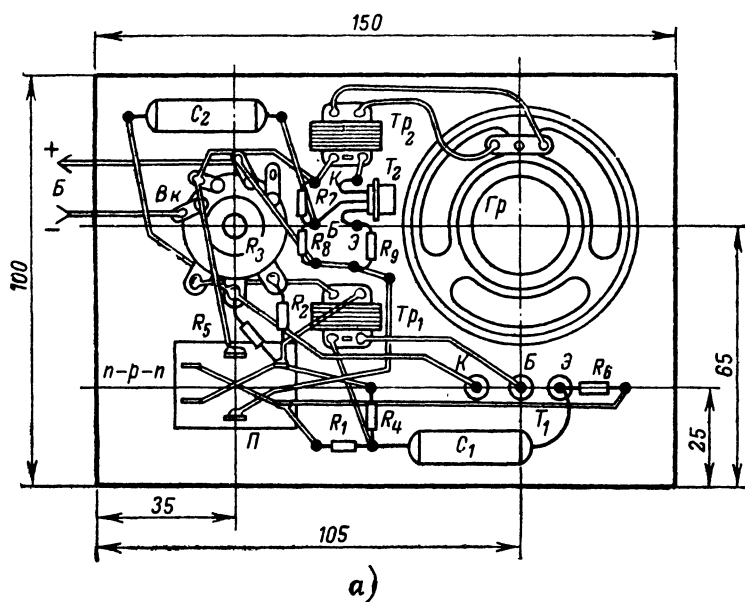


Рис. 30. Испытатель транзисторов малой мощности.

а — монтажная схема; б — внешний вид.

С помощью описанного прибора можно определять $V_{ст}$ также и кремниевых $p-n-p$ и $n-p-n$ транзисторов малой мощности, но при этом пайденный коэффициент будет на 10—20% меньше истинного

Испытатель транзисторов средней мощности

Транзисторы средней мощности необходимо испытывать при рабочем коллекторном токе (0,5—1,0 а и более). В этом случае коэффициент $V_{ст}$ определяется как отношение тока коллектора I_K к вы звавшему его току базы $I_б$:

$$V_{ст} = I_K / I_б.$$

При подборе пар идентичных транзисторов, необходимых для качественной работы оконечных каскадов, следует знать величины $V_{ст}$ при различных значениях тока коллектора. Все перечисленные измерения можно сделать с помощью простого испытателя.

Принципиальная схема.

Как видно из принципиальной схемы испытателя, приведенной на рис. 31, транзисторы испытываются при четырех фиксированных значениях тока базы: 3, 10, 30 и 50 ма. Источником питания служит батарея с начальным напряжением 4,5 в и емкостью не ниже 3—5 а·ч. Для этой цели лучше всего подойдут три элемента типа 373 или мощный стабилизированный источник низковольтного напряжения. Токи, протекающие через транзисторы, измеряются с помощью миллиамперметра и амперметра, включаемых соответственно в базовую и коллекторную цепи контролируемого транзистора.

Если таких приборов нет, то можно обойтись одним амперметром, включив его как измеритель тока в цепь коллектора. В таком случае база транзистора должна быть подключена непосредственно к резисторам R_1 — R_4 . Точность измерения параметров транзисторов, проведенных в различные моменты времени с начала эксплуатации батареи питания, от этого несколько ухудшится. Но если измерения будут производиться примерно в одно время, то погрешность будет небольшой. Испытания каждого транзистора нужно делать возможно более быстро, так как при токе коллектора 300 ма и выше транзисторы будут сильно нагреваться. Это приведет к дополнительным погрешностям измерений.

Величину $V_{ст}$ после определения тока коллектора вычисляют по приведенной ранее формуле. Например, если при токе базы $I_б = 10$ ма ток коллектора $I_K = 550$ ма, то это значит, что $V_{ст} = I_K / I_б = 550 : 10 = 55$.

Детали и конструкция. Для изготовления прибора используется небольшое число деталей, а именно: постоянные резисторы R_1 — R_4 , переключатель Π на пять положений и источник питания — бата-

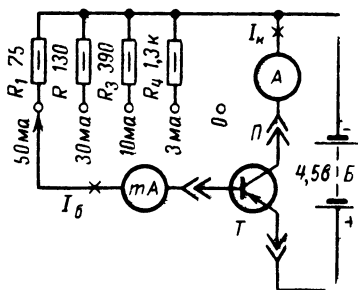


Рис. 31. Принципиальная схема испытателя транзисторов средней мощности.

рея Б. Все эти детали находятся внутри металлического или пластмассового корпуса, примерный внешний вид которого показан на рис. 32. Внешние измерители тока и выводы транзисторов присоединяют к соответствующим гнездам, выведенным на переднюю панель прибора.

Эксплуатация. В любительской практике чаще всего измерять B_{CT} описанным прибором требуется для подбора идентичных транзисторов, у которых зависимости токов коллекторов от токов баз должны быть

возможно более одинаковыми. Определить идентичность имеющихся транзисторов можно следующим образом. Каждому из них присваивают порядковый номер и результаты измерений его коллекторного тока заносят в сводную таблицу, по которой затем строят график, подобный показанному на рис. 33, где представлены результаты испытаний восьми экземпляров транзисторов типа П213А. Из этого рисунка видно, что наиболее близки по своим параметрам

Рис. 32. Примерный внешний вид испытателя транзисторов средней мощности.

транзисторы № 1 и 2, 3 и 4, 5 и 6, 7 и 8. Нетрудно заметить, что зависимости токов коллекторов от токов баз наиболее различны у транзисторов № 1 и 8, а у транзисторов № 1 и 2 эти зависимости почти одинаковы.

Из этого следует, что использовать транзисторы № 1 и 8 в одном двухтактном каскаде нецелесообразно.

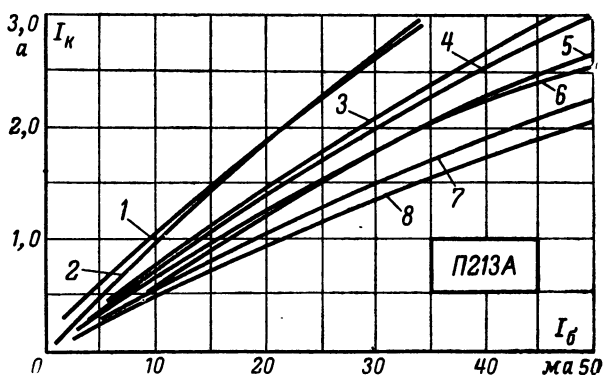


Рис. 33. Зависимости тока коллектора от тока базы различных образцов транзисторов.

Как показали многочисленные опыты, выходные каскады усилителей и отдельные оконечные каскады низкой частоты, транзисторы которых были отобраны описанным способом, обеспечивали высокое качество звучания во всей полосе воспроизводимых частот и при различных уровнях выходной мощности.

Генератор низкой частоты

Прибор предназначен для налаживания и проверки транзисторных и ламповых усилителей низкой частоты и представляет собой задающий генератор на фиксированную частоту около 1000 гц с питанием от трех элементов 316.

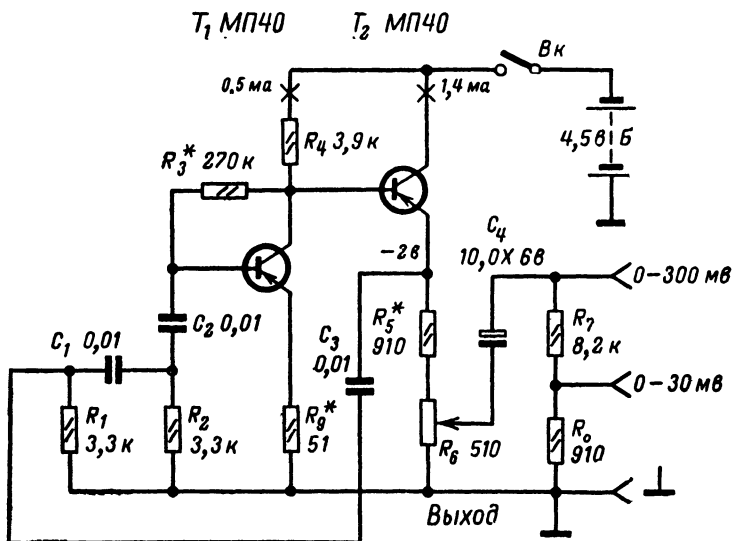


Рис. 34. Принципиальная схема генератора низкой частоты.

Принципиальная схема прибора изображена на рис. 34. Генератор имеет два регулятора выходного напряжения: плавный на потенциометре R_5 и ступенчатый с отношением 1 : 10 на резисторах R_7 и R_8 .

Генератор собран из самых доступных деталей: транзисторов МП40—МП42, конденсаторов КДС, КЛС и К50-3, резисторов МЛТ или УЛМ, потенциометра СП-А. Детали прибора смонтированы на гетинаксовой плате 30×50 мм, как показано на рис. 35, а. Примерный внешний вид передней панели корпуса прибора представлен на рис. 35, б.

Налаживание генератора сводится к подбору резисторов R_3 и R_5 . Первый подбирают по минимуму искажений сигнала (при постоянном напряжении на эмиттере транзистора T_2 около 2 в), а второй — до тех пор, пока максимальное выходное напряжение прибора не будет равно 0,3 в. Для питания генератора используют батареи 3336Л

(КБС-Л-0,5) или «Рубин-1». Прибор работает при снижении напряжения питания до 3,0 в. Чистоту звука лучше всего проверять с помощью вещательного приемника, подключив к гнезду «Звукосниматель» выход генератора. При этом можно примерно оценить соответствие шкалы выходного напряжения, зная, что чувствительность приемников с гнезда звукоснимателя составляет около 100 мв.

Работа с прибором несложна. Она заключается в подключении соответствующего выхода его ко входу испытываемого устройства

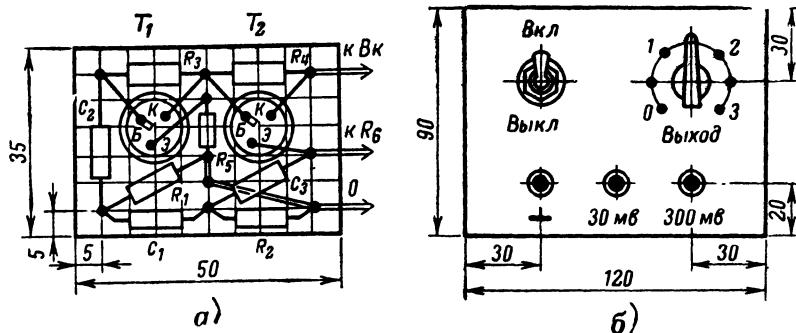


Рис. 35. Генератор низкой частоты.

а — монтажная схема; б — внешний вид.

и определении уровня выходного сигнала генератора, при котором достигается определенная выходная мощность устройства. Величина этой мощности, как уже говорилось, может быть определена по показаниям шкалы переменного напряжения авометра, включенного параллельно выходу усилителя. Выходная мощность, выше которой появляются заметные искажения сигнала, называется максимальной.

Если в процессе испытания устройства будет замечено, что измеренная максимальная выходная мощность существенно меньше той, какая должна быть, то необходимо вновь проверить и подогнать режимы работы транзисторов, заменить или поменять некоторые из них местами.

Несмотря на свою простоту, генератор вносит относительно малые искажения сигнала, не превосходящие 2%. Как показала длительная эксплуатация его, им удобно пользоваться при проверке работоспособности и налаживании усилителей низкой частоты, собранных как на лампах, так и на транзисторах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные несложные устройства и приборы представляют собой лишь небольшую часть того огромного разнообразия радиоэлектронных аппаратов, которые распространены в быту и на производстве. Освоение этих устройств, самостоятельное изготовление и налаживание их дают богатый практический опыт. Этот опыт позволит читателю в дальнейшем приступить к освоению более сложной, более высококачественной аппаратуры на транзисторах.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Классификация отечественных транзисторов до 1964 года

Частотные свойства	Малой мощности		Большой мощности	
	германий	кремний	германий	кремний
Низкочастотные	1—100	101—200	201—300	301—400
Высокочастотные	401—500	501—600	601—700	701—800

2. Классификация отечественных транзисторов с 1964 года

Частотные свойства	Малой мощности	Средней мощности	Большой мощности
Низкочастотные	101—199	401—499	701—799
Среднечастотные	201—299	501—599	801—899
Высокочастотные	301—399	601—699	901—999

3. Основные характеристики гальванических элементов и батарей

Условное обозначение (тип)	Начальное напряжение, в	Средние значения				Габариты, мм	Масса г
		емкость, а.ч	разряженный ток, ма	срок службы, ч	сохранность, мес.		
312	1,5	0,21	3,5	60	6	∅ 14×25	10
314	1,5	0,42	3,5	120	6	∅ 14×38	15
316	1,5	0,60	3,5	170	6	∅ 14×50	20
326	1,5	0,85	3,5	240	6	∅ 16×50	25
336	1,5	1,4	200	7	6	∅ 20×58	45
343	1,5	1,2	200	6	12	∅ 26×49	52
373	1,5	5,4	230	23,3	12	∅ 34×62	115
374	1,5	6,2	230	26,3	12	∅ 34×75	132
3336Л	4,5	1,0	20	50	6	22×63×65	240
«Рубин-1»	4,5	2,0	20	100	6	22×63×65	200
«Крона ВЦ»	9,0	0,6	10	60	6	22×26×40	40

4. Заменяемость отечественных транзисторов старых выпусков

Замена		Замена		Замена	
старый	новый	старый	новый	старый	новый
П4А	П216А	П11	МП38	П201А	П213Б
П4Б	П216Г	П11А	МП38А	П202	П214Б
П4В	П216В	П13	МП39	П202А	П214В
П4Г	П216Г	П13А	МП39А	П203	П214Г
П4Д	П216Д	П13Б	МП39Б	П203А	П214В
П5А	ГТ108А	П14	МП40	П410	ГТ313А
П5Б	ГТ108Б	П14А	МП40А	П410А	ГТ313Б
П5В	ГТ108В	П14Б	МП40Б	П411	ГТ313Б
П5Г	ГТ108Г	П15	МП41	П411А	ГТ313Б
П5Д	ГТ108Д	П15А	МП41А	П417	ГТ313А
П5Е	ГТ108Г	П16	МП42	П417А	ГТ313Б
П6А	МП39	П16А	МП42А	П420	П401
П6Б	МП39А	П16Б	МП42Б	П421	П402
П6В	МП40	П101	МП111	П501	КТ315А
П6Г	МП41	П101А	МП111А	П502	КТ315Б
П6Д	МП39Б	П102	МП112	П503	КТ315В
П8	МП35	П103	МП113	П504	КТ315Г
П9	МП36	П103А	МП113А	П504А	КТ315Г
П9А	МП36А	П104	МП114	П505	КТ315Б
П10	МП37	П105	МП115	П505А	КТ315Б
П10А	МП37А	П106	МП116		
П10Б	МП37Б	П201	П213А		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлянд В. А., Жеребцов П. И. Хрестоматия радиолюбителя, 5 изд. М., «Энергия», 1971.
2. Васильев В. А. Радиолюбителю о транзисторах. М., «ДОСААФ», 1967.
3. Васильев В. А., Веницев М. К. Лаборатория начинающего радиолюбителя. М., «Энергия», 1969.
4. Гендин Г. С. Высококачественные любительские усилители низкой частоты. М., «Энергия», 1968.
5. Ершов В. К. Простые приемники прямого усиления на транзисторах. М., ДОСААФ, 1967.
6. Медведовский Д. С., Гузевич О. Н. Электрогитары. Л. «Энергия», 1970.
7. Соболевский А. Г. Тестеры и авометры. М., Госэнергониздат, 1963.
8. Шифман Д. Х. Громкоговорители. Л., «Энергия», 1965.
9. Эфрусси М. М. Громкоговорители и их применение. М., «Энергия», 1971.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов	3
<i>Простейшие приемники</i>	<i>4</i>
Детекторные приемники	4
Однотранзисторные приемники	16
Приемник-радиоточка	18
<i>Приемные и усилительные устройства</i>	<i>21</i>
Походный приемник	21
Пионерский мегафон	27
Универсальный усилитель низкой частоты	28
Мощный выходной каскад низкой частоты	40
<i>Простые измерительные приборы</i>	<i>46</i>
Универсальные комбинированные измери- тельные приборы	47
Авометр типа Ц-20	49
Испытатель транзисторов малой мощности	51
Испытатель транзисторов средней мощно- сти	55
Генератор низкой частоты	57
Заключение	58
Приложения	59
Список литературы	61

*Владимир Алексеевич Васильев
Михаил Константинович Веницев*

Транзисторные конструкции сельского радиолюбителя

Редактор В. Ф. Костиков
Редактор издательства Т. В. Жукова
Технический редактор М. П. Осипова
Обложка художника А. А. Иванова
Корректор А. К. Улегова

Сдано в набор 21/I 1974 г. Подписано к печати 24/IX 1974 г.
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2.
Усл. печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 4,36. Тираж 100 000 экз.
Заказ 43. Цена 20 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

Отпечатано на Чеховском полиграфическом комбинате
Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли,
г. Чехов Московской области. Заказ 2295

НАШИМ ЧИТАТЕЛЯМ

Издательство «Энергия» и редакция МРБ книг не высылают. Литературу по вопросам радиоэлектроники и радиолюбительства можно приобрести в магазинах научно-технической книги или в универсальных магазинах, где есть отдел научно-технической книги.

Публикации о книгах, которые будут издаваться в текущем году, ежегодно печатаются в первых номерах журнала «Радио». Сообщение о вышедших книгах по радиотехнике и электронике, в том числе и о выпусках МРБ, регулярно публикуются в еженедельной газете «Книжное обозрение» в разделах «Энергетика» и «Связь».

Заказывать книги МРБ рекомендуем только по плану текущего года и даже квартала, так как они расходятся очень быстро.

Радиолюбители, живущие в местах, где нет книжных магазинов, могут обратиться в республиканские магазины научно-технической книги своей республики.

Цена 20 коп.